

15.081/H/02

TUGAS AKHIR

**PERANCANGAN STRUKTUR KOMPOSIT  
GEDUNG PARKIR PASARAYA BLOK-M  
JAKARTA**



RSS  
690.538  
Put  
P-1  
2001

Disusun oleh :  
**IMAM KELANA PUTRA**  
3198.109.524

Jurusan Teknik Sipil  
Program Strata I Ekstensi

**FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA  
2001**

Tgl. Terbit  
Tgl. Revisi  
No. Register

27/12/01  
H  
27/12/01

TUGAS AKHIR

**PERANCANGAN STRUKTUR KOMPOSIT  
GEDUNG PARKIR PASARAYA BLOK-M  
JAKARTA**

**Mengetahui / Menyetujui :**

**Dosen Pembimbing I**



**Ir. ISDARMANU, M.Sc.**  
NIP. 130.532.042

**Dosen Pembimbing II**



**Ir. HIDAJAT SUGIHARDJO, MS.**  
NIP. 130.816.211

Jurusan Teknik Sipil  
Program Strata I Ekstensi

**FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA  
2001**

Karena sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan.

Sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan.

Maka apabila kamu telah selesai (dari sesuatu urusan), kerjakanlah dengan sungguh-sungguh  
(urusan) yang lain.

Dan hanya kepada Tuhannya hendaknya kamu berharap.

*(QS ALAM NASYRAH 5 - 8)*

Ilmu bagai buruan.

dan pena sebagai telinya.

Maka ikatlah buruan dengan telinya yang kokoh.

*(IMAM SYAFI'I)*



# PERANCANGAN STRUKTUR KOMPOSIT GEDUNG PARKIR PASARAYA BLOK-M JAKARTA

*Disusun oleh :*

**IMAM KELANA PUTRA**

3198.109.524

---

## ABSTRAK

Gedung Parkir Pasaraya Blok-M ini sebelumnya merupakan gedung semi permanen berlantai 4 sebagai tempat parkir dengan bahan struktur utamanya adalah baja. Seiring dengan waktu, kebutuhan lahan parkir yang semakin mendesak sehingga gedung parkir ini direncanakan untuk ditingkatkan kapasitas daya tampung parkirnya menjadi 9 lantai. Dalam Tugas Akhir ini, Gedung dimodifikasi menjadi 8 lantai dan langsung direncanakan tanpa memperhitungkan struktur yang telah berdiri sebelumnya.

Gedung parkir bertingkat semakin banyak dibangun sebagai suatu alternatif tempat parkir bagi pengguna gedung. Pemilihan ini disebabkan lahan yang semakin sempit dan mahal di daerah-daerah pusat perkantoran dan perbelanjaan, dan di satu sisi akan membawa konsekuensi mahal biaya pembangunan gedung. Suatu struktur yang baik harus memenuhi kriteria pokok kekuatan, kemudahan pelaksanaan serta ekonomis.

Tugas Akhir ini dibatasi hanya pada kriteria kekuatan (desain struktur) saja. Desain meliputi desain struktur utama yang terdiri dari : desain tangga, rangka atap, pelat lantai pratekan, balok, kolom komposit, dan pondasi.

Apapun konsep desain yang digunakan, suatu struktur harus mempunyai cadangan kekuatan terhadap kelebihan beban yang tidak terduga atau estimasi yang kurang akurat atas kemampuan struktur. Struktur bangunan ini direncanakan menggunakan konsep desain kekuatan batas (*ultimate strength*), di mana suatu elemen struktur direncanakan sampai keadaan batas yang berarti kondisi di mana suatu struktur berhenti memenuhi fungsi yang diharapkan (leleh atau patah) dengan memberikan faktor beban dan faktor resistensi kepada kekuatan elemen yang sama atau lebih kecil daripada 1. Dengan konsep ini struktur direncanakan akan berperilaku plastis.

Faktor beban dan resistensi ditentukan secara probabilistik terhadap kemungkinan-kemungkinan yang mungkin terjadi pada struktur, konsep desain ini biasa disebut sebagai *Load and Resistance Factor Design*. Konsep desain ini dalam beberapa tahun mulai menggeser konsep desain tegangan kerja (*allowable stress design*).



# KATA PENGANTAR

*Bismillahirrahmanirrahim*

Segala puja dan puji hanyalah milik ALLAH SWT semata, berkat rahmat, nikmat dan hidayah-Nya kami diberi kesehatan, kekuatan, kesempatan, dan kemudahan sehingga dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul "PERANCANGAN STRUKTUR KOMPOSIT GEDUNG PARKIR PASARAYA BLOK-M JAKARTA" dengan sebaik-baiknya. Semoga shalawat dan salam senantiasa tercurah kepada Rasulullah SAW.

Penyusunan dan penulisan tugas akhir ini bertujuan untuk mengetahui secara umum mengenai prosedur desain menggunakan metode LRFD (*Load and Resistance Factor Design*). Secara umum penyusunan tugas akhir ini bertujuan agar mahasiswa setelah menyelesaikan tugas kuliahnya dapat mendesain suatu bangunan dengan baik dan prosedur yang benar.

Seperti diketahui bahwa metode LRFD merupakan konsep desain yang relatif baru digunakan khususnya di Indonesia. Metode ini menggunakan konsep yang sedikit berbeda dengan konsep desain ASD (*Allowable Stress Design*), di mana pada metode LRFD beban yang bekerja dikalikan suatu faktor beban dan kekuatan elemen dikalikan suatu faktor kekuatan (*resistensi*). Penentuan besarnya faktor beban dan resistensi ini didapat dari probabilitas atas kemungkinan-kemungkinan dari pengaruh beban terhadap struktur, selain itu faktor-faktor ini akan memberikan kekuatan cadangan pada struktur atas kemungkinan terjadinya kelebihan beban atau estimasi kekuatan elemen yang berlebihan yang dapat menyebabkan keruntuhan struktur. Pada metode ini suatu elemen akan direncanakan pada daerah plastis (pada diagram regangan-tegangan) sampai pada kekuatan batas yang dapat berupa leleh (*yield*) atau patah (*fracture*). Sedangkan pada metode ASD beban tidak dikalikan dengan suatu faktor beban tetapi kekuatan elemen dibatasi sampai batas kekuatan elastisnya di mana pada daerah elastis elemen diharapkan untuk berperilaku elastis (struktur diharapkan akan kembali ke bentuk semula bila beban dihilangkan dari struktur). Metode LRFD dianggap lebih rasional dibandingkan dengan metode ASD, hal ini menyebabkan metode ini akan semakin banyak dipergunakan di masa yang akan datang.

Menyadari bahwa tersusunnya tugas akhir ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak baik saat merencanakan, menyusun, serta saat menyempurnakan, maka tak lupa kami ucapkan terima kasih kepada :

1. Kedua orang tua dan saudara-saudara saya tercinta yang telah memberikan bantuan dan dorongan dalam menyelesaikan kuliah ini, baik secara moril maupun material.
2. Ir. Isdarmanu, M.Sc., selaku dosen pembimbing I dan Ir. Hidayat Sugiharjo, MS, selaku dosen pembimbing II dalam penulisan dan penyusunan tugas akhir.
3. Ir. Fifi Sofian, selaku dosen wali.
4. Ir. Indrasurya B. Mochtar, M.Sc., selaku ketua jurusan Teknik Sipil FTSP Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
5. Segenap dosen-dosen dan staf pengajar di lingkungan jurusan Teknik Sipil FTSP-ITS, yang langsung maupun tak langsung telah banyak membantu memberikan masukan dan saran.
6. Seluruh teman-teman yang juga banyak memberikan dorongan dan saran dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
7. Semua pihak yang telah banyak membantu dan memberi dorongan dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

Kami menyadari bahwa tugas akhir ini masih jauh dari sempurna, sehingga terbuka untuk perbaikan-perbaikan, kritik dan saran yang sifatnya menyempurnakan kami harapkan. Dan akhirnya kami berharap semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi penyusun khususnya serta pembaca umumnya.

Surabaya , Juli 2001

Penyusun



# DAFTAR ISI

	Halaman
ABSTRAK	
KATA PENGANTAR .....	i
DAFTAR ISI .....	iii
DAFTAR TABEL .....	vi
DAFTAR GAMBAR .....	vii
DAFTAR NOTASI .....	ix
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Permasalahan .....	2
1.3 Maksud dan Tujuan .....	2
1.4 Lingkup Pembahasan .....	3
1.5 Metodologi Pembahasan .....	3
1.6 Sistematika Penulisan .....	4
<b>BAB II DASAR TEORI</b>	
2.1 Pengertian Dasar .....	6
2.2 Prosedur Desain .....	7
2.3 Filosofi Desain .....	7
2.4 Analisis Struktur .....	9
2.5 Beban-Beban Kerja .....	11
2.6 Baja Struktur .....	12
2.6.1 Komposisi Baja .....	12
2.6.2 Sifat-sifat Baja .....	13
2.7 Perencanaan Elemen Struktur .....	14
2.7.1 Perencanaan Batang Tarik dan Tekan .....	14
2.7.1.1 Batang Tarik .....	14
2.7.1.2 Batang Tekan .....	16
2.7.2 Perencanaan Balok .....	20
2.7.3 Perencanaan Kolom Komposit .....	28



2.7.4	Perencanaan Sambungan.....	30
2.7.4.1	Sambungan Baut.....	30
2.7.4.2	Sambungan Las.....	31
2.8	Struktur Beton.....	33
2.8.1	Perencanaan Pelat Beton.....	33
2.8.2	Desain Pelat Prategang.....	33
2.9	Perencanaan Pondasi.....	37
2.10	Data Perencanaan.....	41

### BAB III DESAIN STRUKTUR PENDUKUNG

3.1	Desain Struktur Tangga.....	45
3.1.1	Desain Tangga.....	45
3.1.2	Rencana Balok Penyangga.....	49
3.1.3	Rencana Kolom.....	52
3.1.4	Desain Sambungan.....	54
3.1.5	Desain Tangga Utama.....	57
3.1.6	Rencana Balok Tangga.....	61
3.1.7	Rencana Sambungan Balok Tangga.....	64
3.2	Desain Struktur Atap.....	66
3.2.1	Desain Gording.....	66
3.2.1.1	Perhitungan Ukuran Gording.....	66
3.2.1.2	Kontrol Profil.....	70
3.2.2	Desain Penggantung Gording.....	73
3.2.3	Desain Ikatan Angin Atap.....	76
3.2.4	Desain Rangka Atap.....	78
3.3	Perencanaan Struktur Lantai.....	97
3.3.1	Desain Penampang Pelat ( <i>Preliminary Desain</i> ).....	97
3.3.2	Analisa Penampang Terhadap Lentur.....	102
3.3.3	Perhitungan Kehilangan Pratekan.....	102
3.3.4	Analisa Penampang Terhadap Lentur.....	105
3.4	Perencanaan Balok Anak.....	106

## **BAB IV DESAIN STRUKTUR UTAMA**

4.1	Pembebanan .....	111
4.1.1	Beban Gravitasi .....	112
4.1.2	Beban Akibat Pengaruh Suhu .....	116
4.1.3	Beban Gempa .....	117
4.2	Perencanaan Balok Utama .....	122
4.3	Perencanaan Kolom Komposit .....	131
4.4	Perencanaan Sambungan .....	135
4.4.1	Sambungan Balok Memanjang - Kolom .....	135
4.4.2	Sambungan Balok Melintang - Kolom .....	142
4.4.3	Sambungan Balok - Kantilever .....	145
4.4.4	Sambungan Kolom - Kolom .....	148
4.4.5	Sambungan Tangga Utama .....	149
4.4.6	Sambungan Balok Anak - Balok Utama .....	151
4.4.7	Kontrol Pelat Kolom .....	153
4.4.8	Kontrol Daerah Panel Kolom .....	155
4.5	Desain Base Plate .....	157

## **BAB V DESAIN PONDASI**

5.1	Daya Dukung Tiang Tunggal .....	156
5.2	Daya Dukung Kelompok Tiang .....	161
5.3	Daya Dukung Lateral .....	163
5.4	Desain Poer Pondasi .....	165
5.5	Desain Sloof Pondasi .....	172

## **BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN**

6.1	Kesimpulan .....	176
6.2	Saran .....	178

## **DAFTAR PUSTAKA**

## **LAMPIRAN**



## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Perbandingan Maksimum Lebar-Tebal Untuk Elemen Tertekan ....	18
Tabel 2.2	Tebal Las Minimum.....	32
Tabel 2.3	Nilai $P_b$ Berdasarkan Jenis Tanah.....	39
Tabel 3.1	Gaya-gaya maksimum batang.....	79
Tabel 3.2	Desain Elemen Tarik Rangka Batang.....	86
Tabel 3.3	Desain Elemen Tekan Rangka Batang .....	86
Tabel 3.4	Desain Penampang Pelat Untuk Menahan Lentur .....	101
Tabel 3.5	Perencanaan Elemen Balok Skunder .....	109
Tabel 4.1	Pembebanan Portal Utama .....	114
Tabel 4.2	Gaya-Gaya Maksimum Elemen Bangunan (Berdasarkan kombinasi 4).....	120
Tabel 4.3	Gaya-Gaya Maksimum Elemen Bangunan (Berdasarkan kombinasi 7).....	121
Tabel 4.4	Desain Balok Memanjang (Berdasarkan kombinasi 4) .....	125
Tabel 4.5	Desain Balok Melintang (Berdasarkan kombinasi 4) .....	126
Tabel 4.6	Desain Balok Kantilever (Berdasarkan kombinasi 4).....	127
Tabel 4.7	Perencanaan Kolom Komposit (Berdasarkan Kombinasi 4).....	136
Tabel 4.8	Perencanaan Kolom Komposit (Berdasarkan Kombinasi 7).....	137
Tabel 5.1	Nilai SPT Terkoreksi .....	153
Tabel L-1	Pusat Massa Untuk Beban Mati Bangunan	
Tabel L-2	Perhitungan Pusat Massa dan Momen Inersia Massa	
Tabel L-3	Perhitungan Gaya Geser Gempa Dasar Metode LRFD	
Tabel L-4	Kontrol Simpangan dan Waktu Getar Alami Pada Bangunan	
Tabel L-5	Perhitungan Gaya Geser Gempa Dasar Metode LRFD	
Tabel L-6	Kontrol Simpangan dan Waktu Getar Alami Pada Bangunan	



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Efek skunder akibat adanya pergeseran.....	10
Gambar 2.2	Diagram tegangan dan regangan .....	13
Gambar 2.3	Konfigurasi baut tidak segaris .....	15
Gambar 2.4	Block shear.....	16
Gambar 2.5	Tahapan leleh pada balok.....	21
Gambar 2.6	Tegangan dan gaya pada penampang profil .....	21
Gambar 2.7	Lateral torsional buckling .....	22
Gambar 2.8	Hubungan momen dengan panjang elemen.....	24
Gambar 2.9	Ukuran penampang profil WF.....	25
Gambar 2.10	Bidang momen.....	25
Gambar 2.11	Geser pada penampang profil WF .....	27
Gambar 2.12	Las sudut .....	32
Gambar 2.13	Penampang pelat dan bentuk tegangan .....	34
Gambar 2.14	Daya dukung pondasi tiang .....	38
Gambar 3.1	Rencana bentuk tangga.....	45
Gambar 3.2	Pembebanan pada balok tangga.....	49
Gambar 3.3	Rencana penempatan baut .....	55
Gambar 3.4	Kontrol siku penyambung .....	56
Gambar 3.4a	Rencana Bentuk Tangga .....	57
Gambar 3.4b	Rencana sambungan las.....	65
Gambar 3.5	Penempatan gording.....	67
Gambar 3.6	Penahan lateral gording.....	71
Gambar 3.7	Pembebanan penggantung gording .....	73
Gambar 3.8	Penempatan sambungan las gording.....	76
Gambar 3.9	Daerah pengaruh angin yang diperhitungkan .....	76
Gambar 3.10	Rencana Penempatan baut .....	81
Gambar 3.11	Block shear .....	82
Gambar 3.12	Siku rangkap .....	83
Gambar 3.13	Rencana Penempatan baut .....	85
Gambar 3.14	Sambungan las elemen batang tarik.....	88
Gambar 3.15	Titik berat las aktual.....	90

Gambar 3.16	Rencana sambungan batang penyambung .....	92
Gambar 3.17	Pelat simpul.....	93
Gambar 3.18	Rencana sambungan atap - kolom .....	94
Gambar 3.19	Pelat penyambung rangka atap – kolom .....	95
Gambar 3.19a	Pemasangan pengikat Lateral Truss.....	96
Gambar 3.20	Rencana penampang pelat awal.....	97
Gambar 3.21	Tegangan pada penampang pelat.....	99
Gambar 3.22	Penempatan kabel .....	102
Gambar 3.23	Tegangan pada penampang saat peralihan .....	105
Gambar 3.24	Tegangan pada penampang saat beban kerja .....	106
Gambar 4.1	Pembagian beban pada pelat .....	111
Gambar 4.2	Perubahan suhu pada elemen balok melintang .....	116
Gambar 4.3	Grafik koefisien gempa dasar wilayah 4 .....	119
Gambar 4.4	Penumpuan balok lift pada balok utama .....	128
Gambar 4.5	Profil WF rangkap.....	131
Gambar 4.6	Gaya geser akibat momen ujung balok .....	135
Gambar 4.7	Rencana sambungan balok – kolom .....	138
Gambar 4.8	Sambungan profil T .....	140
Gambar 4.9	Penampang profil T .....	141
Gambar 4.10	Rencana penempatan baut .....	143
Gambar 4.11	Rencana sambungan end plate .....	144
Gambar 4.12	Rencana penempatan baut .....	146
Gambar 4.13	Rencana sambungan end plate.....	147
Gambar 4.14	Rencana sambungan kolom .....	148
Gambar 4.15	Sambungan balok tangga – balok utama .....	149
Gambar 4.16	Sambungan balok anak – balok utama.....	151
Gambar 4.17	Siku penyambung .....	153
Gambar 4.18	Gaya yang bekerja pada pelat badan.....	151
Gambar 4.19	Rencana Base Plate .....	151
Gambar 5.1	Kelompok tiang .....	156
Gambar 5.2	Pembebanan pada poer .....	160
Gambar 5.3	Gaya geser pada poer .....	164
Gambar 5.4	Daerah geser pons .....	165
Gambar 5.5	Sloof pondasi.....	166



## DAFTAR NOTASI

$\bar{x}$	= eksentrisitas sambungan, jarak tegak lurus arah gaya tarik, antara titik.
$\phi$	= faktor reduksi tahanan atau kekuatan.
$\omega$	= faktor tekuk pada elemen tekan.
$\lambda$	= parameter kelangsingan penampang atau perbandingan tebal-lebar penampang
$\lambda_c$	= parameter kelangsingan kolom.
$\gamma_L$	= faktor beban hidup, $\gamma_L = 0,5$ bila $L < 5$ kPa, dan $\gamma_L = 1$ bila $L \geq 5$ kPa.
$f_{maks}$	= lendutan maksimum akibat beban kerja tak berfaktor.
$\lambda_p$	= batas atas untuk kategori penampang kompak.
$\lambda_r$	= batas atas untuk kategori penampang nonkompak.
$A_b$	= luas beton penumpu kolom komposit.
$A_c$	= luas bersih penampang beton.
$A_{cb}$	= luas penampang beton yang dibutuhkan untuk membatasi tegangan tekan serat bawah sebelum kehilangan tegangan yang merupakan fungsi waktu.
$A_{ct}$	= luas penampang beton yang dibutuhkan untuk membatasi tegangan tekan serat atas setelah beban luar bekerja.
$A_e$	= luas bersih efektif dari penampang profil.
$A_g$	= luas kotor penampang profil.
$A_{gt}$	= luas kotor sepanjang permukaan tarik.
$A_{gv}$	= luas kotor sepanjang permukaan geser.
$A_n$	= luas bersih permukaan penampang profil.
$A_{nt}$	= luas bersih sepanjang permukaan tarik.
$A_{nv}$	= luas bersih sepanjang permukaan geser.
$A_p$	= luas ujung tiang (pada pondasi bored pile).
$A_r$	= luas tulangan longitudinal pada penampang komposit.
$A_s$	= luas tulangan yang diperlukan.
$A_s, A_t$	= luas total penampang profil.
$A_{sl}$	= luas selimut tiang.
$A_{sl}$	= luas satu buah tulangan.
$A_w$	= luas badan penampang profil = $t_w \cdot d$
$B, D$	= diameter pondasi tiang.
$C_b$	= faktor pembesaran momen.
$c_r$	= tebal selimut rata-rata terhadap tulangan longitudinal.
$C_w$	= konstanta puntir lengkung.
$D$	= beban mati yang diakibatkan oleh berat konstruksi permanen.
$d$	= tinggi penampang profil.
$d_b$	= diameter baut.
$E$	= beban gempa.
$e$	= eksentrisitas antara garis netral kabel dengan garis netral penampang.
$E$	= modulus elastisitas baja yang ditetapkan sebesar 200.000 MPa
$e_b$	= batas letak kabel terbawah.
$E_c$	= modulus elastisitas beton.
$E_g$	= faktor efisiensi kelompok tiang.
$E_m$	= modulus beton yang direduksi.
$e_t$	= batas letak kabel teratas.
$F$	= gaya tarik efektif pada struktur prategang.
$F_0$	= gaya tarik awal pada struktur prategang.
$f_b$	= tegangan ijin tekan beton serat bawah pada saat transfer beban.



$f_b'$	=	tegangan ijin tarik beton serat bawah pada saat beban kerja.
$f_c'$	=	mutu beton yang digunakan pada elemen struktur.
$f_{cb}$	=	tegangan beton serat bawah yang terjadi pada penampang.
$f_{cds}$	=	tegangan beton pada titik berat tendon akibat seluruh beban mati yang bekerja pada komponen struktur setelah diberi gaya prategang.
$f_{ci}'$	=	mutu beton saat pelepasan angker pada struktur beton prategang.
$f_{ctr}$	=	tegangan beton pada baja akibat gaya prategang $F$ .
$f_{cr}$	=	tegangan tekan kritis.
$f_{ct}$	=	tegangan beton serat atas yang terjadi penampang.
$f_{my}$	=	tegangan yang diturunkan berdasarkan konsep kompatibilitas regangan antara bahan beton dan bahan baja.
$f_r$	=	tegangan sisa atau residu.
$f_t$	=	tegangan ijin tekan serat atas pada saat beban kerja.
$f_t$	=	tegangan putus baut akibat interaksi geser-tarik.
$f_t'$	=	tegangan ijin tarik serat atas pada saat transfer beban.
$f_u$	=	tegangan putus material baja yang digunakan.
$f_{uv}$	=	tegangan geser yang terjadi per baut.
$f_v$	=	tegangan geser yang terjadi pada badan profil.
$f_y$	=	tegangan leleh material yang digunakan.
$f_{yr}$	=	mutu tulangan longitudinal untuk tulangan komposit ( $< 380$ MPa)
$G$	=	modulus geser baja yang ditetapkan sebesar 80.000 MPa.
$G_k$	=	perbandingan kekakuan pada rangka portal.
$H$	=	beban hujan, tidak termasuk yang diakibatkan genangan air.
$h_1$	=	dimensi penampang kolom komposit yang tegak lurus bidang lentur.
$h_2$	=	dimensi penampang kolom komposit yang sejajar bidang lentur.
$I_x, I_y$	=	momen inersia penampang terhadap sumbu- $x$ dan sumbu- $y$
$J$	=	konstanta puntir torsi.
$K$	=	faktor panjang efektif atau faktor panjang tekuk.
$K_b$	=	batas kern bawah.
$K_t$	=	batas kern bawah.
$L$	=	beban hidup yang ditimbulkan oleh penggunaan gedung, termasuk kejut, tetapi tidak termasuk beban lingkungan seperti angin, hujan.
$L_a$	=	beban hidup di atap yang ditimbulkan selama perawatan oleh pekerja, peralatan, dan material, atau selama penggunaan biasa oleh orang dan benda bergerak.
$L_b$	=	panjang batang tak-berpengaku, diambil sebagai jarak antar pengaku.
$L_p, L_r$	=	konstanta panjang bentang untuk pengekanan lateral, untuk penentuan kategori panjang bentang.
$L_t$	=	panjang letak baut pada arah tarik.
$m$	=	jumlah bidang geser pada sambungan baut.
$m, n$	=	jumlah baris tiang dalam kelompok tiang arah- $x$ dan arah- $y$ .
$M_A$	=	nilai mutlak momen pada $1/4$ panjang bentang tak berpengaku.
$M_a, M_b$	=	momen ujung pada elemen yang ditinjau.
$M_B$	=	nilai mutlak momen pada $1/2$ panjang bentang tak-berpengaku.
$M_{bs}$	=	momen akibat beban sendiri (momen gelagar).
$M_C$	=	nilai mutlak momen pada $3/4$ panjang bentang tak-berpengaku.
$M_{cr}$	=	momen kritis untuk tekuk lateral.
$M_{maks}$	=	nilai mutlak dari momen maksimum dalam daerah panjang tak berpengaku.
$M_n$	=	momen lentur nominal penampang profil.
$M_n$	=	momen lentur nominal penampang profil.
$M_p$	=	momen plastis adalah momen lentur yang menyebabkan seluruh penampang mengalami tegangan leleh.
$M_r$	=	momen batas tekuk.

$M_s$	= momen maksimum pada elemen yang ditinjau.
$M_{sisa}$	= momen yang direncanakan untuk ditahan oleh kabel prategang.
$M_T$	= momen total akibat berat sendiri + akibat beban kerja.
$M_u$	= momen terfaktor yang didapat dari beban yang bekerja pada elemen.
$M_y$	= momen lentur yang menyebabkan penampang mulai mengalami tegangan leleh.
$n$	= jumlah baut yang diperlukan
$N$	= nilai SPT asli.
$N'$	= nilai SPT yang telah dikoreksi.
$P_{cr}$	= kekuatan kritis elemen tekan.
$P_n$	= kuat nominal aksial penampang profil.
$P_u$	= gaya aksial terfaktor yang terjadi pada elemen.
$Q_s$	= kapasitas daya dukung kelompok tiang.
$Q_{pu}$	= kapasitas daya dukung dari ujung tiang.
$Q_{si}$	= kapasitas daya dukung tiang dari gesekan pada selimut tiang.
$Q_u$	= kapasitas ultimate daya dukung statis vertikal tiang tunggal.
$R_d$	= Kuat tumpu rencana baut.
$RH$	= kelembaban relatif.
$r_m$	= jari-jari girasi penampang untuk kolom komposit.
$R_{mv}$	= kuat sambungan las per satuan panjang.
$R_n$	= kuat nominal elemen.
$R_u$	= gaya yang bekerja pada elemen akibat beban luar terfaktor.
$r_y$	= jari-jari girasi penampang profil.
$s$	= jarak antar tiang/spasi tiang.
$S$	= jarak spasi tulangan pelat.
$S_x, S_y$	= modulus penampang elastis terhadap sumbu-x dan sumbu-y.
$T_d$	= kuat tarik rencana baut.
$t_e$	= tebal efektif las.
$t_f$	= tebal sayap ( <i>flens</i> ) profil.
$t_p, t_t$	= tebal pelat pada sambungan, diambil yang tertipis antara yang disambung dengan penyambung.
$t_w (a)$	= tebal kaki las.
$t_w$	= tebal badan ( <i>web</i> ) profil.
$U$	= faktor reduksi untuk mendapatkan luas bersih efektif.
$V/S$	= faktor modifikasi untuk perbandingan volume terhadap permukaan.
$V_n$	= kuat geser nominal pelat badan penampang profil.
$V_u$	= kuat geser terfaktor yang terjadi pada elemen.
$W$	= beban angin.
$w$	= berat jenis beton yang digunakan pada elemen struktur.
$Z_x, Z_y$	= modulus penampang plastis terhadap sumbu-x dan sumbu-y.



## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Kebutuhan areal parkir pada daerah-daerah pusat perkantoran, perbelanjaan dan hiburan semakin banyak dan mendesak. Keadaan ini dapat dilihat misalnya di daerah Blok-M, Jakarta, yang sering terjadi antrian yang panjang untuk mendapatkan tempat parkir, terutama pada akhir pekan atau pada hari libur. PT. PASARAYA TOSERSA JAYA selaku pengelola Pasaraya Blok-M menyadari masalah ini, sehingga dibangun gedung tambahan sebanyak 6 lantai (existing 4 lantai) untuk mengatasi kekurangan tempat parkir.

Penulisan tugas akhir ini mengenai desain struktur bangunan gedung parkir proyek Pasaraya Blok-M Jakarta. Sebagian besar dari struktur gedung ini menggunakan baja, dan sebagian besar pekerjaannya dilakukan di tempat khusus (*pabrikasi*), dan di lapangan hanya pekerjaan pemasangan saja. Kelebihan metode pelaksanaan seperti ini adalah waktu pelaksanaan yang cepat, dan penggunaan begisting dapat diminimalkan karena penggunaannya hanya untuk pengecoran kolom dan tangga. Balok pada gedung ini tidak dicor (*exposed*) sedangkan pelat lantai menggunakan pelat pra cetak.

Desain elemen baja sebagai struktur utamanya mengacu kepada metode LRFD (*Load and Resistance Factor Design*). Metode LRFD ini digunakan dalam penulisan tugas akhir ini karena metode ini cenderung semakin banyak dipakai untuk menggantikan metode ASD (*Allowable Stress Design*) yang sekarang banyak digunakan. Filosofi kekuatan desain (yang terpantul dalam spesifikasi LRFD 1986) metode LRFD dianggap lebih rasional dibandingkan ASD karena menggunakan beban-beban layanan terfaktor serta membandingkan kekuatan yang diperoleh



terhadap beban. Rasionalitas LRFD dan berbagai kelebihanannya diuraikan secara garis besar oleh Beedle\*.

## 1.2 Permasalahan

Penentuan jenis struktur yang akan digunakan biasanya dipengaruhi oleh keadaan lapangan, kendala-kendala yang diperkirakan akan timbul selama pelaksanaannya ataupun keinginan dari pemilik proyek. Permasalahan utama dalam proyek ini adalah keterbatasan ruang yang tersedia untuk penempatan material maupun tempat pelaksanaan pekerjaan dan keadaan gedung yang telah ada berupa bangunan baja. Selain itu, pemilik ingin pelaksanaan pembangunan dapat dilakukan dengan secepatnya agar tidak mengganggu arus masuk dan keluar dari pengujung gedung di sebelahnya (Pasaraya Blok-M).

Keadaan ini menyebabkan Perencana proyek memilih metode konstruksi pabrikasi di mana sebagian besar pekerjaan dilaksanakan di tempat lain dan di lapangan hanya pemasangan saja. Hal ini membawa konsekuensi bahwa pelaksanaannya membutuhkan ketelitian yang tinggi agar penyambungan tidak bergeser dari yang direncanakan.

## 1.3 Maksud dan Tujuan

Secara umum tujuan penulisan tugas akhir ini adalah agar siswa dapat merancang struktur baja dengan baik dan rasional dengan memenuhi syarat-syarat keamanan, (berdasarkan kekuatan batas) akibat beban yang direncanakan bekerja pada struktur dengan menggunakan metode LRFD. Seperti diterangkan sebelumnya, metode LRFD merupakan metode yang cenderung semakin banyak digunakan dan mempunyai beberapa kelebihan dibandingkan metode lainnya. Selain itu metode LRFD relatif baru digunakan khususnya di Indonesia.

Secara khusus tujuan penulisan ini adalah untuk dapat mengetahui nilai ekonomis gedung ini (berdasarkan ukuran elemen-elemen strukturnya), karena gedung ini dirancang dengan menggunakan metode ASD (*allowable stress design*), walaupun dengan perbedaan asumsi-asumsi yang diambil.

---

\* Lynn S Beedle, "Why LRFD?" Modern Steel Construction, AISC 26, 4 (4<sup>th</sup> Quarter, 1986), 30-31.

#### 1.4 Lingkup Pembahasan

Dalam penulisan tugas akhir ini hanya akan membahas desain struktur yang meliputi :

1. Perancangan struktur rangka atap yang berupa rangka baja dan dianalisa dengan secara 3 dimensi.
2. Perancangan pelat lantai berupa pelat pra cetak (*Hollow Concrete Slab*) dengan struktur Pra tekan sistim Pre Tension.
3. Perancangan struktur tangga.
4. Perancangan struktur balok utama dan balok anak.
5. Perancangan struktur kolom komposit.
6. Perhitungan sambungan yang meliputi sambungan kolom-rangka atap, balok-balok, kolom-balok, dan kolom-kolom,
7. Desain struktur bawah yang terdiri dari perhitungan daya dukung pondasi tiang, kelompok tiang, dan desain poer pondasi.

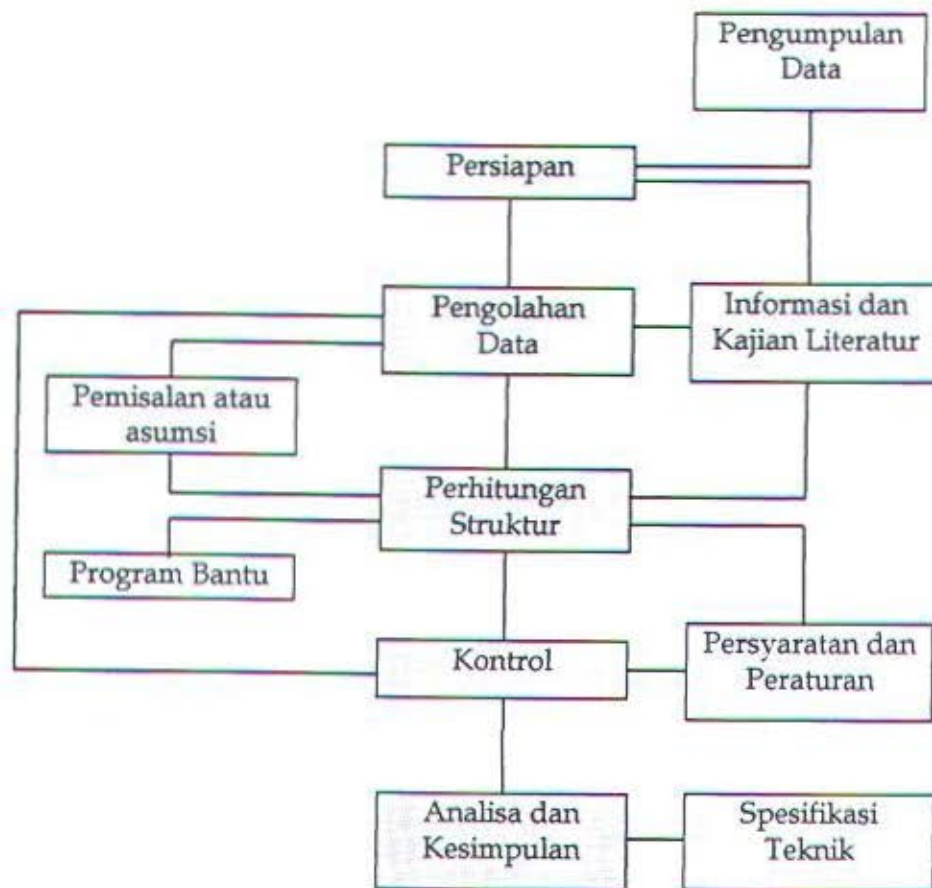
#### 1.5 Metodologi Pembahasan

Tugas akhir ini disusun dengan metodologi pembahasan sebagai berikut :

1. Pengumpulan data di lapangan berupa gambar-gambar konstruksi, data pembebanan, data tanah, dan data mengenai peraturan yang digunakan.
2. Dalam desain dilakukan dengan beberapa asumsi dan mengikuti peraturan-peraturan maupun kajian literatur yang bersesuaian dengan pembahasan masalah.
3. Hasil desain akan dibandingkan dengan desain gedung yang telah ada sebelumnya.
4. Penarikan kesimpulan dari hasil desain.

Metode pembahasan ini secara garis besar dapat digambarkan sebagai flow chart pada halaman berikut :





## 1.6 Sistematika Penulisan

Adapun sistematika penulisan tugas akhir ini akan dibagi menjadi beberapa bab sebagai berikut :

Bab I berisi mengenai latar belakang, permasalahan, maksud dan tujuan, lingkup pembahasan, metode pembahasan, dan sistematika penulisan tugas akhir.

Bab II membahas mengenai dasar-dasar teori dalam desain struktur secara umum, seperti desain batang tarik dan tekan, balok baja, kolom komposit, sambungan baut dan las, pelat beton, dan pondasi

Bab III berisi mengenai perhitungan struktur pendukung seperti perhitungan tangga, rangka atap, lantai prestress pra cetak jenis HCS, dan perhitungan balok anak.

Bab IV berisi mengenai analisa dan perhitungan struktur utama, yang meliputi analisa struktur dengan program SAP90, perhitungan struktur balok induk, kolom komposit, dan perhitungan sambungan.

Bab V berisi mengenai perencanaan pondasi menggunakan data SPT, yang meliputi perhitungan daya dukung tiang tunggal baik vertikal maupun horizontal, daya dukung tiang kelompok, perencanaan poer, dan perencanaan balok sloof.

Bab VI berisi mengenai kesimpulan dan saran yang didapat setelah penulisan tugas akhir.



# PERANCANGAN STRUKTUR KOMPOSIT GEDUNG PARKIR PASARAYA BLOK-M JAKARTA



## Bab II DASAR TEORI

- ♦ Pengertian Dasar
- ♦ Prosedur Desain
- ♦ Filosofi Desain
- ♦ Analisis Struktur
- ♦ Beban-Beban Kerja
- ♦ Baja Struktur
- ♦ Perencanaan Elemen Struktur
- ♦ Struktur Beton
- ♦ Perencanaan Pondasi
- ♦ Data Perencanaan



## Bab II

# DASAR TEORI

### 2.1 Pengertian Dasar

Desain struktur dapat didefinisikan sebagai campuran dari seni dan ilmu pengetahuan yang digabung dengan pengalaman intuitif perekayasa mengenai perilaku struktur dengan pengetahuan yang mendalam tentang prinsip-prinsip statika, dinamika, mekanika bahan, dan analisa struktur untuk menghasilkan suatu struktur yang aman dan ekonomis sesuai dengan fungsi yang diharapkan.

Desain merupakan suatu proses untuk mendapatkan penyelesaian optimum, dengan prioritas utama adalah keamanan. Desain bertujuan untuk menghasilkan suatu struktur yang stabil, kuat, mampu-layan, awet, dan memenuhi kriteria ekonomis dan kemudahan pelaksanaan. Suatu struktur disebut stabil bila ia tidak mudah terguling, miring, atau tergeser, selama umur bangunan yang direncanakan. Suatu struktur disebut cukup kuat dan mampu layan bila kemungkinan terjadinya kegagalan struktur dan kehilangan kemampu layan selama masa hidup yang direncanakan adalah kecil dan dalam batas yang dapat diterima. Suatu struktur disebut awet bila struktur tersebut dapat menerima keausan dan kerusakan yang diharapkan terjadi selama umur bangunan yang direncanakan tanpa pemeliharaan yang berlebihan.

Dewasa ini digunakan 2 filosofi desain yaitu desain tegangan kerja dan desain kekuatan batas. Selama  $\pm 100$  tahun desain tegangan kerja menjadi filosofi utama dalam perencanaan struktur baja tetapi  $\pm 25$  tahun belakangan ini desain struktur telah bergeser menuju prosedur desain yang lebih rasional dan berdasarkan pada probabilitas yang disebut sebagai desain keadaan batas (*limit states*), yang meliputi metode-metode yang umum disebut sebagai desain kekuatan batas, desain plastis, desain faktor beban, dan sekarang menjadi desain faktor resistensi beban (*Load Resistance Factor Design*).



## 2.2 Prosedur Desain

Secara garis besar, prosedur desain dapat diterangkan secara umum sebagai berikut :

1. *Perencanaan*. Penentuan fungsi-fungsi yang akan dilayani oleh struktur yang bersangkutan. Tentukan kriteria-kriteria untuk mengukur apakah desain yang dihasilkan telah mencapai optimum.
2. *Konfigurasi struktur pendahuluan*. Susunan dari elemen-elemen yang akan melayani fungsi-fungsi pada langkah 1.
3. *Penentuan beban-beban* yang harus dipikul.
4. *Pemilihan batang pendahuluan*. Pemilihan ukuran batang yang memenuhi kriteria objektif, seperti berat atau biaya minimum dilakukan berdasarkan keputusan dari langkah 1, 2, dan 3.
5. *Analisis*. Analisa struktural dengan membuat model beban-beban dan kerangka kerja struktural untuk mendapatkan gaya-gaya internal dan defleksi yang diperkirakan.
6. *Evaluasi*. Apakah semua persyaratan kekuatan dan kemampuan kerja telah terpenuhi dan apakah hasilnya sudah optimum? Bandingkan dengan kriteria-kriteria yang telah ditentukan sebelumnya.
7. *Redesain*. Sebagai hasil dari evaluasi, diperlukan pengulangan bagian mana saja dari urutan langkah 1 sampai 6. Langkah-langkah tersebut merupakan suatu proses iteratif. Namun dengan mengingat bahwa konfigurasi struktur dan pembebanan luar telah ditentukan sebelumnya, maka yang perlu diiterasi biasanya langkah 3 sampai 6 saja.
8. *Keputusan akhir*. Penentuan apakah desain optimum telah tercapai atau belum.

## 2.3 Filosofi Desain

Setiap komponen struktur harus memiliki kekuatan yang cukup seperti kekakuan dan ketahanan/kekuatan sehingga struktur dapat berfungsi selama umur bangunan. Apapun desain filosofinya, desain struktural harus menyediakan cadangan kekuatan yang cukup baik terhadap dua kemungkinan, yaitu:

1. Kelebihan beban (*overloaded*) yang dapat disebabkan oleh perubahan fungsi struktur, terlalu rendahnya taksiran atas beban yang bekerja karena penyederhanaan yang berlebihan dalam analisa strukturnya.
2. Kurang kekuatan (*under strength*) yang dapat disebabkan oleh penyimpangan pada dimensi, mutu material yang lebih rendah daripada spesifikasi yang digunakan dalam desain (meskipun masih dalam toleransi yang masih dapat diterima).

Keadaan batas berarti kondisi di mana suatu struktur berhenti memenuhi fungsi yang diharapkannya, pada umumnya dibagi menjadi dua kategori yaitu kekuatan (*strength*) dan kemampu layanan (*serviceability*). Keadaan batas kekuatan (yakni keamanan) merupakan fenomena-fenomena perilaku pada saat mencapai kekuatan duktil maksimum (yakni kekuatan plastis), tekukan, keletihan, retakan, lantakan, dan geseran. Keadaan batas kemampu layanan menyangkut penggunaan bangunan, misalnya karena adanya defleksi, vibrasi, deformasi permanen, dan rekahan.

Secara esensial ada tiga filosofi berbeda dalam pendekatan desain, yang secara garis besar diterangkan sebagai berikut :

#### 1. *Allowable Stress Design (ASD)*

Elemen dipilih yang mempunyai sifat penampang seperti luas dan momen inersia yang cukup besar untuk menahan tegangan dari tegangan maksimum yang berlebihan. Tegangan ijin ini akan berada dalam daerah elastis dari material dan akan lebih kecil dari tegangan leleh  $f_y$  (nilainya kurang lebih  $0,6 f_y$ ). Tegangan ijin didapat dengan membagi tegangan leleh  $f_y$  atau kekuatan tarik batas  $f_u$  dengan sebuah faktor keamanan. Secara umum persamaan desain tegangan ijin dirumuskan sebagai :

$$\sum Q_i \leq \frac{\phi R_n}{\gamma} \quad (2.1)$$

Pendekatan untuk desain ini disebut desain elastis (*elastic design*) atau desain tegangan kerja (*working stress design*). Tegangan kerja merupakan hasil beban kerja yaitu beban rencana. Elemen yang didesain secara tepat akan mempunyai tegangan yang tidak melebihi tegangan ijin.

#### 2. *Plastic Design (PD)*

Desain dengan metoda ini didasarkan pada kondisi kegagalan lebih dari kondisi beban kerja. Sebuah elemen dipilih dengan menggunakan



kriteria bahwa struktur tidak akan gagal pada beban yang pada pokoknya lebih tinggi daripada beban kerja. Kegagalan dalam konteks ini berarti keruntuhan atau deformasi yang besar. Istilah plastis digunakan karena pada kegagalan, bagian dari elemen akan mengalami regangan yang sangat besar, cukup besar untuk menempatkan elemen ke dalam daerah plastis. Ketika seluruh penampang melintang menjadi plastis pada daerah yang cukup, "*plastic hinge*" akan terbentuk pada lokasi tersebut, sehingga terbentuk mekanisme keruntuhan (*collapse mechanism*). Analisa struktur yang didasarkan pada mekanisme keruntuhan dinamakan analisa plastis (*plastic analysis*).

### 3. *Load and Resistance Factor Design* (LRFD)

LRFD hampir serupa dengan desain plastis dalam hal pertimbangan kekuatan, atau kondisi kegagalan. Faktor beban yang diterapkan pada beban, dan sebuah elemen yang dipilih, akan mempunyai kekuatan cukup untuk memikul beban terfaktor. Secara teori, kekuatan dari elemen dikurangi dengan penggunaan faktor tahanan. Kriteria yang harus dipenuhi dalam pemilihan elemen dapat ditulis sebagai :

$$\sum \gamma_i Q_i \leq \phi R_n \quad (2.2)$$

Dalam persamaan ini, beban terfaktor sebenarnya merupakan penjumlahan dari semua beban kerja yang harus ditahan oleh elemen, masing-masing dikalikan dengan faktor bebannya sendiri. Sebagai contoh, beban mati mempunyai faktor beban yang berbeda dengan beban hidup. Kekuatan terfaktor adalah kekuatan teoritis dikalikan faktor tahanan.

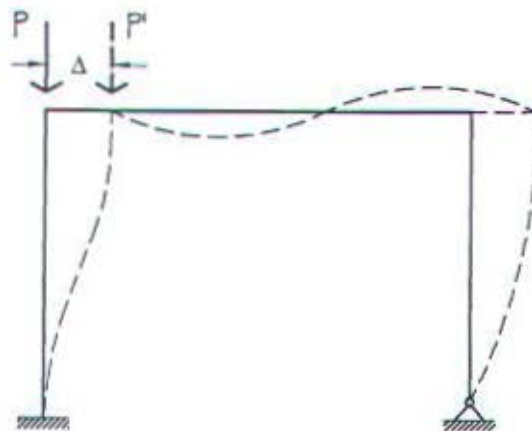
Beban terfaktor adalah beban yang membawa struktur atau elemen ke keadaan batasnya. Dalam istilah keamanan, keadaan batas ini dapat berupa patah/retak, leleh, maupun tekuk. Tahanan terfaktor merupakan kekuatan berguna dari elemen, dikurangi dari nilai teoritis dengan faktor tahanan.

## 2.4 Analisis Struktur

Secara umum, analisis struktur untuk mendapatkan beban-beban layanan (atau efek-efek beban, momen lentur, gaya geser, gaya aksial, dan momen puntir) pada elemen, dilakukan dengan cara yang sama baik untuk

LRFD maupun ASD. Metode analisis struktur elastis tetap digunakan, kecuali bila keadaan batasnya berupa mekanisme runtuh plastis. Analisis ordo pertama sudah cukup memadai untuk struktur-struktur rangka biasa yang diberi topangan silang (*bracing*) untuk melawan goyangan. Dalam analisa ordo pertama, persamaan-persamaan keseimbangan didasarkan atas geometri asli dari struktur yang bersangkutan. Ini berarti bahwa gaya-gaya internal (momen, geser, dsb) diasumsikan tidak cukup terpengaruh oleh perubahan bentuk struktur, sehingga tidak memerlukan analisis yang lebih rumit. Bila pergeseran (*displacement*) elastis cukup kecil dibanding dimensinya, pendekatan saja sudah cukup memadai.

Situasi paling umum, di mana efek ordo kedua harus diperhitungkan, akan terjadi pada struktur banyak lantai yang tergantung pada kekakuan balok dan kolom yang berinteraksi untuk menahan goyangan karena pembebanan lateral (angin dan atau gempa). Hal sedemikian disebut sebagai struktur rangka tak berpenopang (*unbraced frame*). Dalam hal ini, pergeseran lateral  $\Delta$  (disebut goyangan atau *drift*) akan menyebabkan momen-momen lentur tambahan karena beban gaya berat ( $\Sigma P$ ) yang bekerja pada posisi tergeser  $\Delta$ . Analisis harus mengikut sertakan efek skunder  $P\Delta$  ini. Ada berbagai macam tingkat kecanggihan yang digunakan dalam analisis untuk melibatkan efek-efek  $P\Delta$ . Baik dalam ASD maupun LRFD, efek-efek ordo kedua dapat dihitung sebagai bagian dari analisis, atau dapat diperhitungkan dengan menggunakan rumus-rumus yang ada.



Gambar 2.1. Efek skunder akibat adanya pergeseran





## 2.5 Beban-Beban Kerja

Gaya yang bekerja pada struktur dinamakan beban, secara umum ada berbagai macam gaya yang diperhitungkan, diantaranya :

### 1. Beban Mati

Beban mati merupakan beban permanen yang bekerja selama umur bangunan seperti berat sendiri, berat komponen non struktur (penutup lantai, langit-langit, dan lain-lain). Semua beban tersebut sebenarnya adalah gaya gravitasi dan biasa disebut sebagai beban gravitasi.

### 2. Beban Hidup

Beban hidup juga merupakan beban gravitasi, tetapi tidak permanen seperti beban mati. Beban jenis ini mungkin akan bekerja pada struktur pada saat tertentu dalam umur bangunan atau dapat pula bekerja selama umur bangunan dan lokasinya tidak tetap, seperti beban furnitur, peralatan, dan penghuni bangunan. Besarnya beban hidup tidak semudah menentukan beban mati, dan biasanya harus diperkirakan besarnya. Dalam beberapa kasus, elemen struktur harus diteliti untuk beragam posisi dari beban hidup sehingga sebuah situasi kegagalan yang potensial terjadi tidak diabaikan.

### 3. Beban Hujan

Beban hujan pada dasarnya dapat dikategorikan sebagai beban hidup, tetapi kebanyakan diperhitungkan sebagai beban terpisah. Beban ini pada struktur hanya diperhitungkan pada struktur bagian atas yaitu struktur atap.

### 4. Beban Angin

Beban angin dihitung sebagai tekanan atau hisapan pada permukaan luar bangunan. Beban ini termasuk dalam kategori beban hidup, tetapi karena penentuan beban angin relatif rumit, beban angin biasanya diperhitungkan sebagai kategori beban terpisah. Karena beban lateral sangat mengganggu pada struktur tinggi, beban angin biasanya tidak terlalu penting untuk struktur rendah, tetapi gaya angkat pada sistem atap ringan dapat membahayakan. Walaupun angin ada hampir setiap saat, besarnya beban angin dipertimbangkan dalam desain sebagai beban yang

terjadi pada waktu tertentu (*infrequent*) dan tidak dipertimbangkan dalam beban lelah.

## 5. Beban Gempa

Beban gempa adalah kategori khusus lainnya dan perlu diperhitungkan hanya pada lokasi geografi di mana ada alasan kemungkinan terjadinya. Analisa struktur akibat gempa membutuhkan analisa dari response struktur dari pergerakan tanah yang dihasilkan gempa. Metode yang paling mudah digunakan, di mana efek gempa disimulasikan dengan sistem beban horizontal, (serupa dengan yang dihasilkan oleh tekanan angin) bekerja pada setiap tingkat lantai bangunan.

Berdasarkan beban-beban yang tersebut di atas maka struktur baja harus mampu memikul semua kombinasi pembebanan di bawah ini :

$$1,4 D \quad (2.3)$$

$$1,2 D + 1,6 L + 0,5 (L_a \text{ atau } H) \quad (2.4)$$

$$1,2 D + 1,6 (L_a \text{ atau } H) + (\gamma_L L \text{ atau } 0,8 W) \quad (2.5)$$

$$1,2 D + 1,3 W + \gamma_L L + 0,5 (L_a \text{ atau } H) \quad (2.6)$$

$$1,2 D + 1,0 E + \gamma_L L \quad (2.7)$$

$$0,9 D - (1,3 W \text{ atau } 1,0 E) \quad (2.8)$$

## 2.6 Baja Struktur

Pada awal penggunaannya, material ini dalam bentuk besi tempa, diproses dengan pemanasan bijih besi dalam sebuah tungku api. Pada akhir abad 18 dan awal abad 19, besi tuang dan besi tempa digunakan untuk beragam jenis jembatan. Dengan dikenalkannya converter Bessemer tahun 1855, baja mulai menggantikan besi tempa dan besi tuang dalam konstruksi.

### 2.6.1 Komposisi Baja

Baja sebagian besar terdiri atas besi, tetapi mengandung sejumlah bahan kimia lainnya untuk menghasilkan sifat fisik yang diharapkan seperti kekuatan, kekerasan, kedaktilitan (*ductility*), kekerasan, dan ketahanan karat. Diantara bahan kimia yang terdapat di baja adalah :



*Carbon*, merupakan bahan terpenting dari bahan lainnya. Penambahan jumlah karbon akan meningkatkan kekuatan dan kekerasan dari baja yang dihasilkan, tetapi mengurangi daktilitas dan kekerasan.

*Mangan*, ditambahkan untuk meningkatkan kekuatan dari besi murni. Penambahan bahan lainnya seperti chromium, columbium, tembaga, mangan, molybdenum, nikel, fosfor, vanadium, dan zirkonium untuk memperbaiki beberapa sifat mekanis baja, diantaranya menghasilkan mikrostruktur yang lebih baik selama proses pendinginan baja.

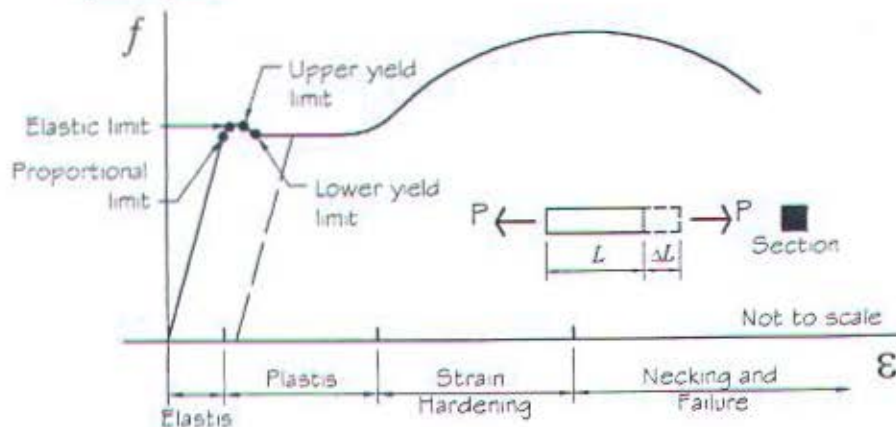
Baja struktural yang paling banyak digunakan saat ini adalah *mild steel* yang dinyatakan sebagai ASTM A36 (BJ 37), baja ini digolongkan sebagai *plain carbon steel* yang mengandung komponen (diluar besi) :

Carbon	:	0,26%	(maksimum)
Phosfor	:	0,04%	(maksimum)
Belerang	:	0,05%	(maksimum)

Persentase di atas merupakan nilai perkiraan, nilai tepatnya tergantung pada bentuk akhir produk baja.

## 2.6.2 Sifat-Sifat Baja

Kekuatan dan daktilitas merupakan sifat penting dari baja. Daktilitas adalah kemampuan material mengalami deformasi yang besar tanpa mengalami kelelahan. Tanpa daktilitas yang cukup, ada kemungkinan besar untuk kegagalan leleh disebabkan pembebanan berulang yang dialami elemen, selain itu patah rapuh (*brittle fracture*) dapat terjadi.



Gambar 2.2. Diagram tegangan dan regangan

Kekuatan leleh (*yield strenght*) merupakan istilah yang digunakan untuk menyatakan titik leleh (*yield point*), yaitu suatu penyimpangan yang jelas dari elastisitas sempurna yang ditunjukkan oleh kebanyakan baja struktur biasa, maupun tegangan satuan pada suatu titik perpindahan regangan untuk baja-baja yang tidak memiliki titik leleh yang jelas. Dewasa ini ada beragam baja dari penandaan ASTM (*American Society for Testing Material*) tersedia dengan kekuatan leleh dari 24 - 100 ksi (170 - 690 MPa).

## 2.7 Perencanaan Elemen Struktur

Kebanyakan konstruksi bangunan tipikal masuk dalam kategori struktur rangka (*framed structure*). Bangunan banyak lantai biasanya terdiri dari balok dan kolom, baik yang terhubung secara kaku (*rigid*) atau hanya sederhana dengan penopangan diagonal untuk menjaga stabilitas. Walaupun suatu bangunan bertingkat banyak bersifat tiga dimensi, biasanya bangunan tersebut didesain sedemikian rupa sehingga lebih kaku pada salah satu arah, dengan demikian bangunan tersebut dapat diperlakukan sebagai serangkaian rangka bidang. Tetapi bila perangkannya sedemikian rupa sehingga perilaku batang pada salah satu bidang cukup mempengaruhi perilaku pada bidang lainnya, maka rangka tersebut harus diperlakukan sebagai rangka ruang tiga dimensi.

Umumnya untuk struktur jenis ini, elemennya terdiri dari batang-batang tarik, tekan, maupun batang yang mengalami beban kombinasi seperti beban aksial dan lentur.

### 2.7.1 Perencanaan Batang Tarik dan Tekan

#### 2.7.1.1 Batang Tarik

Batang tarik didefinisikan sebagai elemen struktur yang mengalami gaya aksial tarik. Elemen tarik dapat gagal dengan pencapaian salah satu dari dua keadaan batas yaitu : leleh atau patah. Dalam setiap kasus tegangan  $P/A$  harus lebih kecil daripada tegangan batas  $f$ . Komponen struktur tarik harus memenuhi persyaratan :

$$P_u \leq \phi P_n \quad (2.9)$$



$\phi P_n$  diambil sebagai nilai terendah diantara dua perhitungan berikut :

a. Kekuatan nominal leleh :  $P_n = f_y A_g$      $\phi_t = 0,90$

b. Kekuatan nominal patah :  $P_n = f_u A_e$      $\phi_t = 0,75$

dari persamaan (2.9) didapat persamaan :

$$P_u \leq 0,90 f_y A_g \quad (2.10)$$

$$P_u \leq 0,75 f_u A_e \quad (2.11)$$

$$A_n = A_g - A_{lubang}$$

$$A_e = U A_g \quad (\text{untuk sambungan las})$$

$$A_e = U A_n \quad (\text{untuk sambungan baut})$$

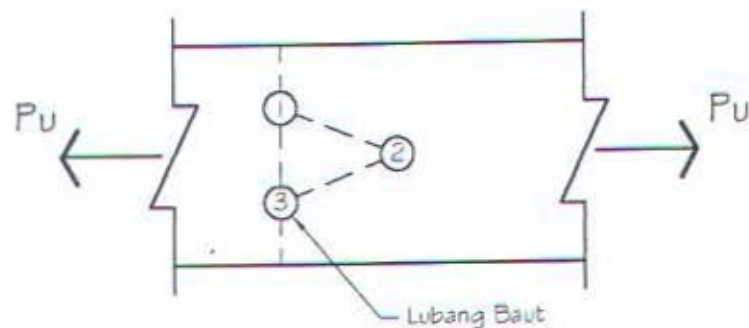
$$U = 1 - \frac{\bar{x}}{L_t} \leq 0,9$$

Diameter baut yang diperhitungkan untuk menghitung luasan bersih diambil sebagai berikut :

$$\phi = \phi_{\text{baut}} + 1,6 \text{ mm} \quad (\text{lubang dibuat dengan bor})$$

$$\phi = \phi_{\text{baut}} + 3,2 \text{ mm} \quad (\text{lubang dibuat dengan pons})$$

Menentukan luasan bersih pada penampang dengan konfigurasi baut yang tidak segaris.



Gambar 2.3. Konfigurasi baut tidak segaris

Potongan 1 - 3 :  $A_{n1} = A_g - ndt$

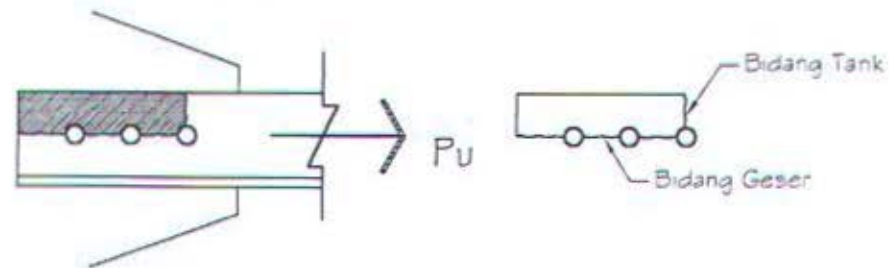
Potongan 1 - 2 - 3 :  $A_{n2} = A_g - ndt + \sum \frac{S^2 t}{4u}$

Jika digunakan batang ulir, ulir akan mengurangi luas penampangnya sebesar  $\pm 75\%$ , sehingga kekuatan nominal tarik untuk batang diulir adalah :

$$P_n = 0,75 A_b f_u \quad (2.12)$$

### Block Shear

Untuk konfigurasi sambungan tertentu, bagian atau "block" dari material bagian ujung elemen dapat sobek, seperti terlihat pada gambar, kejadian ini rentan terjadi dan fenomena ini disebut *block shear*.



Gambar 2.4. Block shear

Metodenya didasarkan pada asumsi bahwa satu dari dua kegagalan, permukaan patah dan lainnya leleh. Patah pada permukaan geser bersamaan dengan leleh pada permukaan tarik atau patah pada permukaan tarik dengan leleh pada permukaan geser. Kekuatan total untuk block shear merupakan penjumlahan dari dua permukaan (geser dan tarik).

Tegangan leleh geser diambil sebesar 60% dari nilai untuk tegangan leleh tarik, kemungkinan model kegagalan :

1. Untuk leleh geser dan patah tarik, kekuatan desain adalah :

$$\phi R_n = \phi [0,6 f_y A_{gv} + f_u A_{nt}] \quad (2.13)$$

2. Untuk patah geser dan leleh tarik, kekuatan desain adalah :

$$\phi R_n = \phi [0,6 f_u A_{nv} + f_y A_{gt}] \quad (2.14)$$

Untuk kedua kasus,  $\phi = 0,75$ . Pertimbangan kedua untuk elemen tarik adalah kelangsingan, yang dinyatakan dengan rasio kelangsingan ( $\lambda$ ),  $\lambda = \frac{L}{r}$ , nilai ini dibatasi sebesar 300 untuk batang skunder dan 240 untuk batang primer.

#### 2.7.1.2 Batang Tekan

Batang tekan merupakan elemen struktural yang hanya menahan gaya aksial tekan saja, yaitu beban yang bekerja sepanjang sumbu longitudinal melalui pusat penampang,



tegangan dihitung sebagai  $f_s = P/A$ , di mana  $f_s$  dianggap seragam untuk seluruh penampang melintang walaupun keadaan ideal ini tidak pernah tercapai dalam kenyataannya. Hubungan antara beban dan kekuatan dapat ditulis sebagai :

$$P_u \leq \phi_c P_n, \quad \phi_c = 0,85$$

Persamaan Euler :

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{L^2}, \quad \text{dan} \quad I = A r^2$$

Panjang batang dari persamaan di atas akan dikoreksi dengan faktor panjang efektif/tekuk ( $K$ ), sehingga persamaan di atas dapat ditulis sebagai :

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 EA}{(KL/r)^2} = \frac{\pi^2 E_r A}{(KL/r)^2}$$

Jika beban kritis dibagi dengan luas penampang, maka tegangan tekuk kritis didapat :

$$f_{cr} = \frac{P_{cr}}{A} = \frac{\pi^2 E}{(KL/r)^2}$$

Untuk elemen tekan rasio kelangsingan  $\lambda = KL/r$  dibatasi sebesar 200. Untuk komponen komponen struktur pada struktur segitiga seperti pada rangka batang, panjang efektif ( $KL$ ) diambil tidak kurang dari panjang teoritisnya ( $L$ ) dari as-ke-as sambungan.

Untuk penampang yang mempunyai perbandingan lebar terhadap tebalnya lebih kecil daripada nilai  $\lambda_r$  (lihat tabel 2.1), daya dukung nominal struktur tekan dihitung sebagai :

$$P_n = A_g f_{cr} = A_g \frac{f_y}{\omega} \quad (2.15)$$

Dengan parameter kelangsingan kolom  $\lambda_c$ , ditetapkan :

$$\lambda_c = \frac{KL}{\pi r} \sqrt{\frac{f_y}{E}} \quad (2.16)$$

di mana :  $\lambda_c \leq 0,25$

maka  $\omega = 1$

$0,25 \leq \lambda_c \leq 1,2$

maka  $\omega = \frac{1,43}{1,6 - 0,67 \lambda_c}$

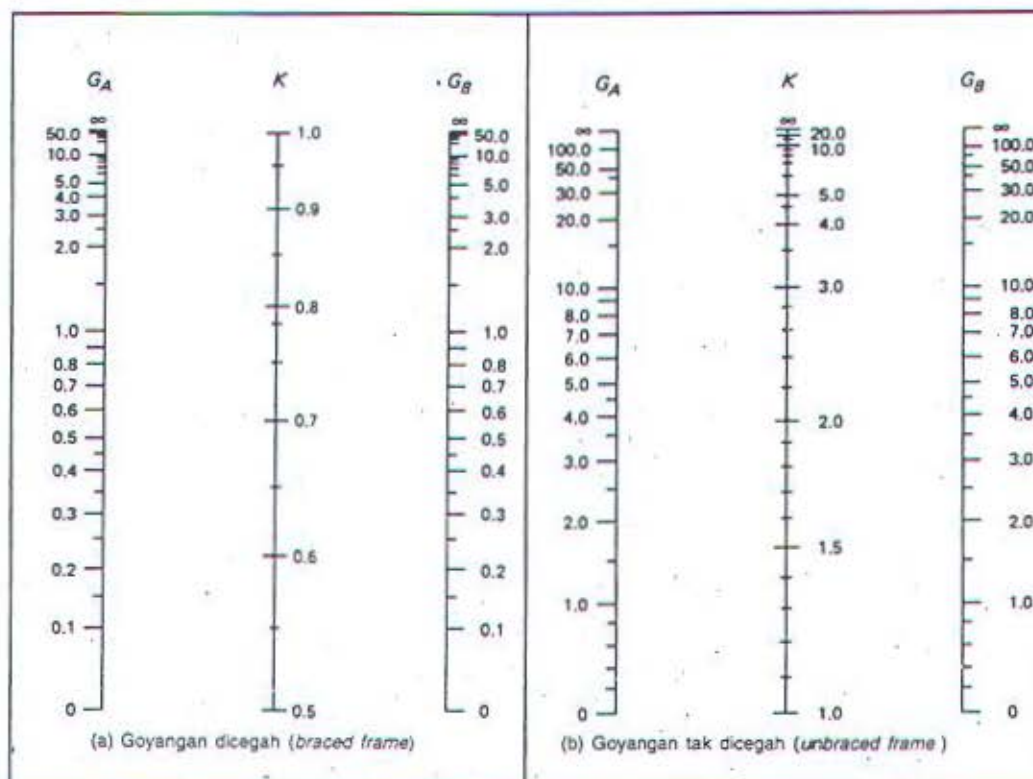
$\lambda_c \geq 1,2$

maka  $\omega = 1,25 \lambda_c^2$

Tabel 2.1  
Perbandingan Maksimum Lebar-Tebal Untuk Elemen Tertekan  
( $f_y$  dinyatakan dalam MPa)

Jenis elemen		Perbandingan lebar-tebal ( $\lambda$ )	Perbandingan maksimum lebar-tebal	
			$\lambda_p$ kompak	$\lambda_r$ non kompak
Elemen tanpa pengaku	Pelat sayap balok I dan kanal dalam lentu	$b/t$	$170/\sqrt{f_y}$ [c]	$370/\sqrt{f_y - f_r}$ [e]
	Pelat sayap balok I hibrida atau balok tersusun yang dilas dalam lentur	$b/t$	$170/\sqrt{f_{yt}}$	$\frac{420}{\sqrt{(f_{yt} - f_r)/k_c}}$ [e] [f]
	Pelat sayap dari komponen-komponen struktur tersusun dalam tekan	$b/t$	-	$290/\sqrt{f_y/k_c}$ [f]
	Sayap bebas dari profil siku kembar yang menyatu pada sayap lainnya, pelat sayap dari komponen struktur kanal dalam aksial tekan, profil siku dan pelat yang menyatu dengan balok atau komponen struktur tekan	$b/t$	-	$250/\sqrt{f_y}$
	Sayap dari profil siku tunggal pada penyokong, sayap dari profil siku ganda dengan pelat kopel pada penyokong, elemen yang diperkaku, yaitu yang ditumpu pada salah satu sisinya	$b/t$	-	$200/\sqrt{f_y}$
	Pelat badan dari profil T	$d/t$	-	$335/\sqrt{f_y}$
Elemen dengan pengaku	Pelat sayap dari penampang persegi panjang dan bujursangkar berongga dengan ketebalan seragam yang dibebani lentur atau tekan; pelat penutup dari pelat sayap dan pelat diafragma yang terletak diantara baut-baut atau las	$b/t$	$500/\sqrt{f_y}$	$625/\sqrt{f_y}$
	Bagian lebar yang tak terkekang dari pelat penutup berlubang (b)	$b/t$	-	$830/\sqrt{f_y}$
	Bagian-bagian pelat badan dalam aksial lentur (a)	$h/t_w$	$1680/\sqrt{f_y}$ [c]	$2.550/\sqrt{f_y}$ [g]
	Bagian-bagian pelat badan dalam kombinasi tekan dan lentur	$h/t_w$	Untuk $N_u/\phi_b N_y \leq 0,125$ [c]	[g]
			$\frac{1.680}{\sqrt{f_y}} \left[ 1 - \frac{2,75 N_u}{\phi_b N_y} \right]$	$\frac{2.550}{\sqrt{f_y}} \left[ 1 - \frac{0,74 N_u}{\phi_b N_y} \right]$
			Untuk $N_u/\phi_b N_y > 0,125$ [c]	
		$\frac{500}{\sqrt{f_y}} \left[ 2,33 - \frac{N_u}{\phi_b N_y} \right]$		
	Elemen-elemen lainnya yang diperkaku dalam tekan murni; yang dikekang sepanjang kedua sisinya	$b/t$ $h/t_w$	-	$665/\sqrt{f_y}$
Penampang bulat berongga		[d]	-	
Pada tekan aksial	$D/t$	-	$22.000/f_y$	
Pada lentur		$14.800/f_y$	$62.000/f_y$	





Garis terputus menunjukkan diagram kolom tertekuk	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)
Nilai $k_e$ teoritis	0,50	0,70	1,00	1,00	2,00	2,00
Nilai $k_e$ yang dianjurkan untuk kolom yang mendekati kondisi ideal	0,65	0,80	1,20	1,00	2,10	2,00
Kode ujung		Jepit		Roll tanpa putaran sudut		
		Sendi		Ujung Bebas		

Untuk komponen struktur tekan yang merupakan bagian dari suatu rangka bersambungan kaku, nilai faktor panjang tekuk ( $K$ ) dapat dilihat pada tabel di atas di mana  $G_{kA}$  dan  $G_{kB}$  adalah perbandingan antara kekakuan komponen struktur tekan dominan terhadap kekakuan komponen struktur relatif bebas tekan. Nilai  $G_k$  ditetapkan sebagai :

$$G_k = \frac{\sum \left( \frac{I}{L} \right)_{kolom}}{\sum \left( \frac{I}{L} \right)_{balok}} \quad (2.17)$$

Untuk komponen struktur tekan yang dasarnya tidak terhubung secara kaku pada pondasi, nilai  $G_k$  harus diambil  $< 10$ , sedang bila terhubung secara kaku, nilai  $G_k < 1$ .

### 2.7.2 Perencanaan Balok

Balok didefinisikan sebagai elemen struktural yang melentur atau memuntir disebabkan beban yang bekerja secara transversal dan yang tidak menyebabkan terjadinya gaya aksial internal pada elemen. Jika terdapat gaya aksial, elemen ini disebut sebagai balok kolom (*beam-column*). Hubungan dasar antara beban dan kekuatan dapat ditulis sebagai :

$$M_u \leq \phi_b M_n, \quad \phi_b = 0,90$$

Dalam mekanika bahan dasar, tegangan pada titik tertentu didapat dari rumus lentur :

$$f_p = \frac{M y}{I_x}$$

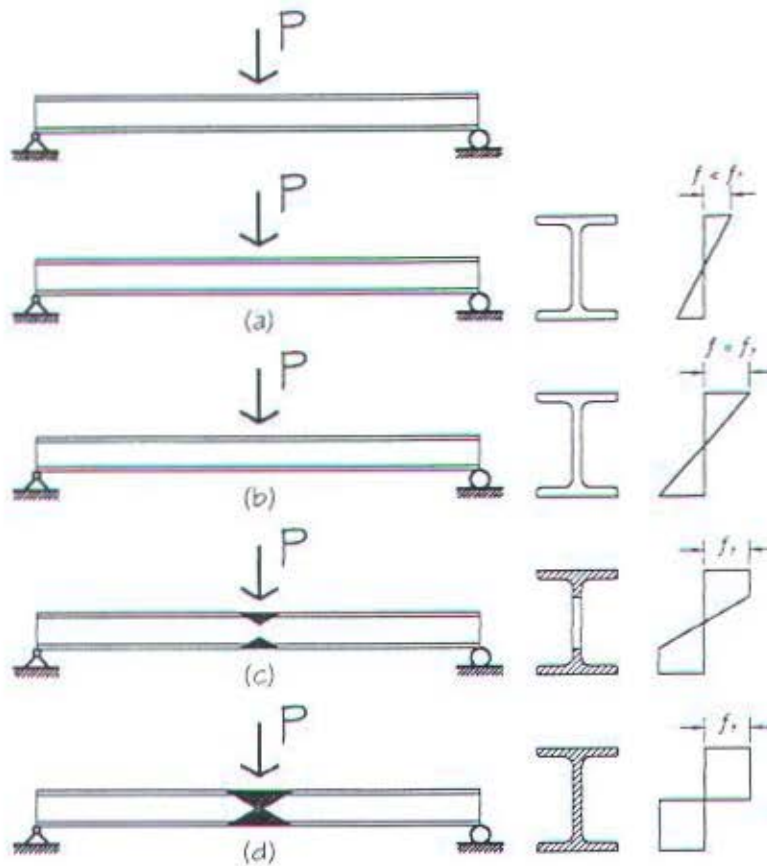
Persamaan ini didasarkan pada asumsi distribusi tegangan linear dari atas ke bawah. Tegangan maksimum terjadi pada serat terjauh, di mana  $y$  maksimum. Jika sumbu netral merupakan sumbu yang simetris, tegangan atas dan bawah akan sama besarnya

$$f_{maks} = \frac{M y_{maks}}{I_x} = \frac{M}{I_x / y_{maks}} = \frac{M}{S_x}$$

Untuk baja struktural, ini berarti bahwa tegangan  $f_{maks}$  tidak boleh melampaui  $f_y$ , dan lentur momen tidak boleh melebihi :

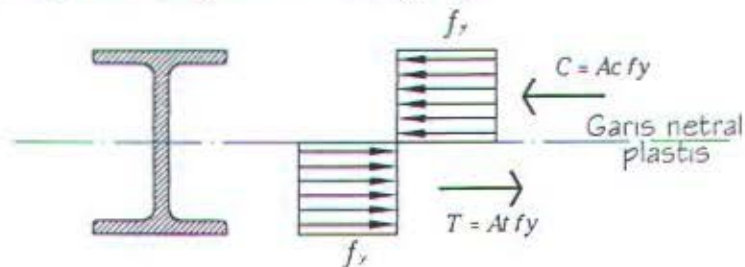
$$M_y = f_y S_x \quad (2.18)$$





Gambar 2.5. Tahapan leleh pada balok

Saat keelehan dimulai, distribusi tegangan mulai menjadi tidak linear. Pada bagian b, keelehan baru saja terjadi, pada bagian c, keelehan telah sampai bagian sayap, dan pada bagian d seluruh penampang telah leleh, dan plastic hinge akan terbentuk pada tengah balok. Ketika tahap d telah tercapai, penambahan beban lebih jauh akan menyebabkan keruntuhan. Kapasitas momen plastis (momen yang diperlukan untuk membentuk plastic hinge) dapat dihitung dengan pertimbangan hubungan distribusi tegangan.



Gambar 2.6. Tegangan dan gaya pada penampang profil

$$C = T$$

$$A_c f_y = A_t f_y$$

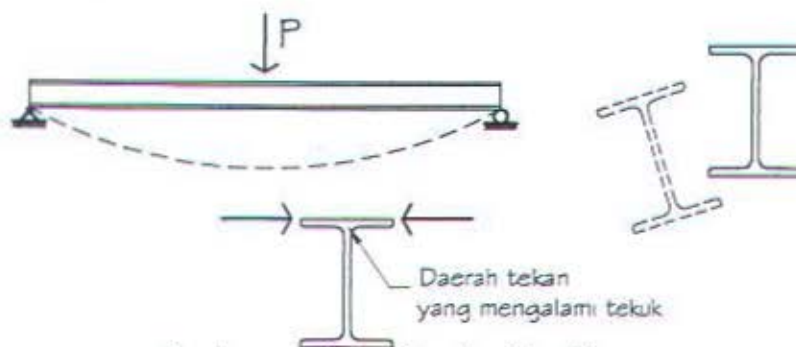
$$A_c = A_t$$

Sumbu netral plastis membagi penampang dalam dua luas yang sama, untuk penampang simetris pada sumbu lenturnya, sumbu netral elastis dan plastis akan sama. Momen plastis  $M_p$  merupakan tahanan kopel yang dibentuk oleh dua gaya yang sama dan berlawanan arah :

$$\begin{aligned} M_p &= f_y (A_c) \frac{1}{2} a + f_y (A_t) \frac{1}{2} a \\ &= f_y \frac{1}{2} a (A_c + A_t) \\ &= f_y \frac{1}{2} a A \quad \text{di mana} \quad Z = \frac{1}{2} a A \end{aligned} \quad (2.19)$$

Nilai  $M_p$  dibatasi tidak boleh melebihi  $1,5 M_y$ . Pembatasan ini untuk mencegah deformasi beban kerja yang berlebihan.

Ketika balok melentur, daerah tekan (di atas garis netral) dapat disamakan dengan kolom dan dalam cara serupa dengan kolom, akan menekuk jika elemen cukup langsing. Bentuk ketidakstabilan ini dinamakan lateral torsional buckling (LTB). Lateral torsional buckling dapat dicegah dengan pengaku lateral pada daerah tekan, tepatnya pada tekan sayap dengan jarak secukupnya. Kekuatan momen tergantung bagian panjang yang tidak berpengaku, yaitu jarak antara titik penahan lateral.



Gambar 2.7. Lateral torsional buckling

Kemampuan balok menahan momen yang cukup besar sampai kondisi plastis penuh tergantung pada keutuhan penampang. Keutuhan ini akan hilang jika satu elemen tekan dari penampang menekuk, baik tekuk pada sayap (*flange local buckling*) atau pada tekuk pada badan (*web local buckling*). Sebuah balok dapat gagal bila



mencapai  $M_p$  dan menjadi plastis penuh, atau dapat gagal oleh tekuk salah satu dari berikut :

1. Lateral torsional buckling (LTB) baik secara elastis atau plastis.
2. Flange local buckling (FLB) baik secara elastis atau plastis.
3. Web local buckling (WLB) baik secara elastis atau plastis.

#### Pengaruh Tekuk Lokal

Bentuk penampang kompak, nonkompak, atau langsing, tergantung pada nilai rasio lebar-ketebalan (*width-thickness ratio*).

Untuk profil I dan H, rasio untuk sayap adalah  $\lambda = \frac{b_f}{2t_f}$  (elemen tak

berpengaku), dan untuk badan  $\lambda = \frac{h}{t_w}$  (elemen berpengaku).

1. Jika  $\lambda \leq \lambda_p$ , kategori penampang kompak,

$$M_n = M_p \quad (2.20)$$

2. Jika  $\lambda_p < \lambda \leq \lambda_r$ , kategori penampang nonkompak, tekuk akan inelastis.

$$M_n = M_p - (M_p - M_r) \left( \frac{\lambda - \lambda_p}{\lambda_r - \lambda_p} \right) \quad (2.21)$$

3. Jika  $\lambda > \lambda_r$ , kategori penampang langsing,

$$M_n = M_r \left( \frac{\lambda_r}{\lambda} \right)^2 \quad (2.22)$$

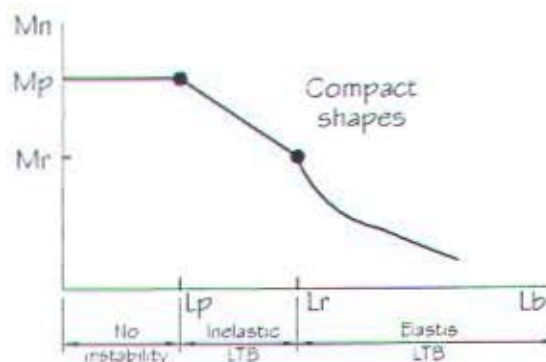
Nilai  $\lambda_p$  dan  $\lambda_r$  dapat dilihat pada tabel 2.1

Kategori didasarkan pada rasio lebar-tebal terjelek, misal jika badan kompak dan sayap nonkompak, maka penampang dikategorikan sebagai nonkompak. Penampang nonkompak diperhitungkan hanya untuk keadaan batas dari LTB dan FLB. Kekuatan yang berhubungan dengan kedua keadaan batas harus dihitung dan nilai terkecil yang diambil.

#### Pengaruh Tekuk Lateral

Kekuatan momen penampang kompak merupakan fungsi dari panjang tak berpengaku  $L_b$ , didefinisikan sebagai jarak antar titik

penahan lateral atau pengaku (*bracing*). Hubungan antara kekuatan nominal  $M_n$  dan panjang tak berpengaku ditunjukkan gambar di bawah ini:



Gambar 2.8. Hubungan momen dengan panjang elemen

Dari gambar di atas, momen lentur nominal penampang kompak akibat pengaruh panjang batang dapat dihitung sebagai berikut :

1. Jika  $L_b \leq L_p$ , kategori batang pendek, balok diperhitungkan mempunyai penahan lateral penuh.

$$M_n = M_p \quad (2.23)$$

2. Jika  $L_p < L_b \leq L_r$ , kategori batang menengah, kekuatan didasarkan pada inelastis LTB.

$$M_n = C_b \left[ M_p - (M_p - M_r) \left( \frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} \right) \right] \leq M_p \quad (2.24)$$

$$M_r = (f_y - f_r) S_x \quad (2.25)$$

Untuk balok hibrida,  $f_y$  digunakan tegangan leleh pelat sayap  $f_{yw}$ , sedangkan nilai  $f_r = 70 \text{ MPa}$  (untuk penampang dirol)  
 $= 115 \text{ MPa}$  (untuk penampang dilas)

3. Jika  $L_r < L_b$ , kategori batang panjang, kekuatan didasarkan pada elastis LTB

$$M_n = M_{cr} \leq M_p \quad (2.26)$$

di mana untuk profi I dan kanal ganda  $M_{cr}$  dihitung sebagai:

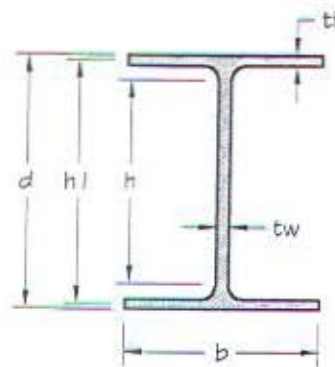
$$M_{cr} = C_b \frac{\pi}{L_b} \sqrt{EI_y GJ + \left( \frac{\pi E}{L_b} \right)^2 I_y C_w} \quad (2.27)$$



$$= \frac{C_b S_x X_1 \sqrt{2}}{L_b / i_y} \sqrt{1 + \frac{X_1^2 X_2}{2 \left( \frac{L_b}{i_y} \right)^2}}$$

$$L_p = 1,76 i_y \left( \frac{E}{f_y} \right), \text{ dengan } i_y = \sqrt{\frac{I_y}{A}}$$

$$L_r = \frac{i_y X_1}{(f_y - f_r)} \sqrt{1 + \sqrt{1 + X_2 (f_y - f_r)^2}}$$



Gambar 2.9. Ukuran penampang profil WF

$$X_1 = \frac{\pi}{S_x} \sqrt{\frac{EGJA}{2}}, \text{ dan } X_2 = \frac{4C_w}{I_y} \left( \frac{S_x}{GJ} \right)^2$$

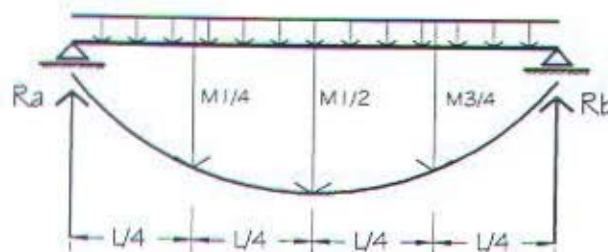
$$J = \sum \left( \frac{bt^3}{3} \right), \text{ dan } C_w = I_y \frac{h_1^2}{4}$$

$$Z_x = 2(bt_f) \frac{h_1}{2} + \frac{1}{4} t_w (d - 2t_f)$$

$$= (bt_f) h_1 + \frac{1}{4} t_w (d - 2t_f)$$

Faktor pengali momen yang besarnya ditentukan oleh persamaan :

$$C_b = \frac{12,5 M_{maks}}{2,5 M_{maks} + 3 M_A + 4 M_B + 3 M_C} \leq 2,3 \quad (2.28)$$



Gambar 2.10. Bidang momen

Untuk momen lentur yang seragam, dan untuk balok kantilever tak berpengaku nilai  $C_b = 1,0$ .

#### Lentur dua arah

Lentur dua arah pada balok terjadi bila beban yang bekerja pada balok tidak tepat mengenai setiap sumbu utama penampang, sehingga menyebabkan torsi atau puntir. Jika lentur terjadi hanya pada satu arah sumbu saja, maka :

$$\frac{M_{ux}}{\phi_b M_{nx}} \leq 1,0 \quad \text{atau} \quad \frac{M_{uy}}{\phi_b M_{ny}} \leq 1,0$$

Bila kedua lentur terjadi pada saat yang bersamaan, persamaan interaksi keduanya menjadi sebagai berikut :

$$\frac{M_{ux}}{\phi_b M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{\phi_b M_{ny}} \leq 1,0$$

Bila ada beban aksial persamaan di atas menjadi :

$$\text{Untuk } \frac{P_u}{\phi P_n} \geq 0,2$$

$$\frac{P_u}{\phi P_n} + \frac{8}{9} \left( \frac{M_{ux}}{\phi_b M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{\phi_b M_{ny}} \right) \leq 1,0 \quad (2.29)$$

$$\text{Untuk } \frac{P_u}{\phi P_n} < 0,2$$

$$\frac{P_u}{2\phi P_n} + \left( \frac{M_{ux}}{\phi_b M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{\phi_b M_{ny}} \right) \leq 1,0 \quad (2.30)$$

Karena semua penampang pada tabel profil mempunyai badan yang kompak dan sebagian besar mempunyai sayap yang kompak, kekuatan momen nominal pada sumbu lemahnya akan sama dengan kapasitas momen plastis yaitu :

$$M_{ny} = M_{py} = f_y Z_y \quad (2.31)$$

Seperti lentur pada sumbu kuat,  $M_n$  tidak boleh melebihi  $1,5 M_y$ , atau

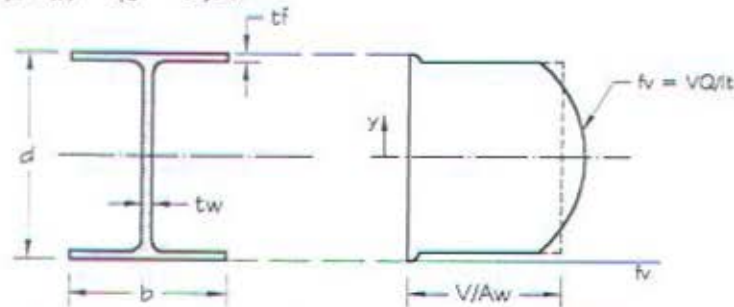
sama dengan  $\frac{Z_y}{S_y}$  tidak boleh lebih dari 1,5.



### Kekuatan Geser

Kekuatan geser balok harus cukup memenuhi persamaan :

$$V_u \leq \phi_v V_n, \quad \phi_v = 0,90$$



Gambar 2.11. Geser pada penampang profil WF

Berdasarkan distribusi aktual, tegangan rata-rata pada badan,  $\frac{V}{A_w}$ , tidak akan banyak berbeda dari tegangan maksimum badan. Jelasnya, badan akan leleh sepenuhnya jauh sebelum sayap mulai leleh, karena hal ini, kelelahan dari badan mewakili satu dari keadaan batas geser. Tegangan pada badan saat kegagalan dapat ditulis sebagai :

$$f_v = \frac{V}{A_w} = 0,60 f_y$$

Kekuatan nominal berhubungan dengan keadaan batas adalah :

$$V_n = 0,60 f_y A_w$$

Ini menjadi kekuatan nominal geser asalkan tidak ada geser tekuk pada badan. Jika rasio  $\frac{h}{t_w}$  terlalu besar, berarti badan terlalu langsing sehingga badan dapat tekuk dalam geser, baik secara elastis maupun inelastis. Kekuatan geser badan dihitung sebagai :

1. Untuk  $\frac{h}{t_w} \leq 1,10 \sqrt{\frac{K_n E}{f_y}}$ , tidak ada ketidak-stabilan pada badan,

kuat tekuk geser plastis nominal pelat badan dihitung sebagai :

$$V_n = 0,60 f_y A_w \quad (2.32)$$

2. Untuk  $1,10 \sqrt{\frac{K_n E}{f_y}} \leq \frac{h}{t_w} \leq 1,37 \sqrt{\frac{K_n E}{f_y}}$ , tekuk badan inelastis dapat

terjadi, kuat tekuk geser elasto-plastis nominal pelat badan di hitung sebagai :

Bila terjadi kombinasi gaya aksial dan lentur maka digunakan persamaan (2.29) dan (2.30), dengan nilai momen nominal  $M_n$  sebagai berikut :

Jika  $\frac{P_u}{\phi_c P_n} \geq 0,3$  maka :

$$M_n = M_p \approx Z f_y + \frac{1}{3} (h_2 - 2 c_f) A_r f_{yr} + \left( \frac{h_2}{2} - \frac{A_w f_y}{1,7 f_c' h_1} \right) A_w f_y \quad (2.40)$$

Jika  $0 \leq \frac{P_u}{\phi_c P_n} \leq 0,3$  maka :

$M_n$  ditentukan berdasarkan interpolasi antara nilai  $M_n$  pada  $\frac{P_u}{\phi_c P_n} = 0,3$  dan nilai  $M_n$  untuk balok komposit.

#### 2.7.4 Perencanaan Sambungan

Sambungan elemen struktur baja merupakan bagian penting, sambungan yang kurang memadai dapat menjadi perlemahan (*weak link*) pada struktur. Sambungan struktur baja modern dihubungkan dengan pengelasan, pembautan atau kombinasi keduanya. Las mempunyai beberapa kelebihan dibanding baut, sambungan las biasanya lebih sederhana pada konsep dan membutuhkan sedikit lubang (terkadang baut dibutuhkan untuk mengikat posisi elemen sehingga memudahkan pekerjaan pengelasan). Kekurangan terakhir dapat diatasi dengan menggunakan pabrikasi pengelasan bila dimungkinkan, sehingga kualitas pengelasan dapat lebih mudah dijamin.

##### 2.7.4.1 Sambungan Baut

Baut yang memikul gaya terfaktor  $R_u$  harus memenuhi :

$$R_u \leq \phi_t R_n, \quad \phi_t = 0,75$$

##### 1. Kekuatan geser

Kuat geser rencana satu baut dihitung sebagai berikut :

$$V_d = \phi_t V_n = \phi_t m r_l f_u A_b \quad (2.41)$$



di mana :

$r_1 = 0,5$  untuk baut tanpa ulir pada bidang geser

$r_2 = 0,4$  untuk baut dengan ulir pada bidang geser

Kuat tarik rencana satu baut dihitung sebagai berikut :

$$T_d = \phi_t T_n = \phi_t 0,75 f_u A_b \quad (2.42)$$

Kekuatan rencana satu baut yang memikul gaya geser terfaktor,  $V_u$  dan gaya tarik terfaktor  $T_u$  secara bersamaan harus memenuhi persyaratan berikut :

$$f_{uv} = \frac{V_u}{n A_b} \leq m r_1 \phi_t f_u$$

$$f_t = 1,3 f_u - r_2 f_{uv} \leq f_u$$

$$T_d = \phi_t T_n = \phi_t f_t A_b \geq \frac{T_u}{n} \quad (2.43)$$

di mana :

- untuk baut mutu tinggi

$r_1 = 1,9$  untuk baut dengan ulir pada bidang geser

$r_2 = 1,5$  untuk baut tanpa ulir pada bidang geser

- untuk baut mutu normal

$r_2 = 1,9$

## 2. Kekuatan tumpu

Kekuatan tumpu rencana tergantung pada yang terlemah dari baut atau komponen pelat yang disambung. Bila jarak lubang tepi terdekat dengan sisi pelat dalam arah kerja gaya lebih besar dari  $1,5 \phi_{lub}$ , jarak antar lubang  $3 \phi_{lub}$ , dan ada lebih dari satu baut dalam arah kerja, maka kuat rencana tumpu dapat dihitung sebagai berikut :

$$R_d = \phi_t R_n = 2,4 \phi_t d_b t_p f_u \quad (2.44)$$

Sedangkan untuk lubang baut selot panjang tegak lurus arah kerja berlaku persamaan berikut:

$$R_d = \phi_t R_n = 2,0 \phi_t d_b t_p f_u \quad (2.45)$$

### 27.4.2 Sambungan Las

Mengelas merupakan penggabungan dua bagian baja di mana bagian yang akan disambung dipanaskan dan digabung

bersama dengan penambahan logam yang dicairkan yang ditambahkan pada sambungan. Las sudut yang memikul gaya terfaktor persatuan panjang las, harus memenuhi ketentuan :

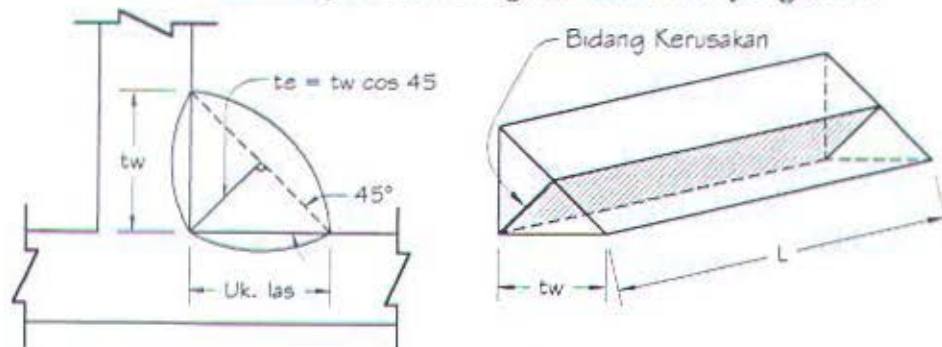
$$R_u \leq \phi_t R_{mv} \quad \phi_t = 0,75$$

di mana :

$$R_{mv} = 0,75 t (0,6 f_{uw}) \text{ kekuatan dari las} \quad (2.46)$$

$$R_{mv} = 0,75 t (0,6 f_u) \text{ kekuatan dari bahan dasar} \quad (2.47)$$

Las sudut biasanya dibuat dengan ukuran kaki yang sama.



Gambar 2.12 Las sudut

$$\text{Luas las sudut } (A) = L t_e$$

Panjang las efektif adalah seluruh panjang las sudut yang berukuran penuh, bila panjang las sudut  $L < 4a$ , maka panjang efektif yang diperhitungkan hanya 25% dari  $L$ . Tebal minimum las sudut dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 2.2  
Tebal Las Minimum

Tebal bagian paling tebal $t$ (mm)	Tebal minimum las sudut $t$ (mm)
$t \leq 7$	3
$7 < t \leq 10$	4
$10 < t \leq 15$	5
$15 < t$	6



Untuk membatasi tegangan tekan serat bawah  $f_b$  sesaat setelah pemindahan gaya pratekan dan sebelum kehilangan tegangan yang merupakan fungsi waktu, luas beton yang diperlukan :

$$A_{cb} = \frac{F_0}{f_b} \left( 1 + \frac{e - \left( \frac{M_{bs}}{F_0} \right)}{K_t} \right) \quad (2.55)$$

Untuk menjaga tegangan tekan serat atas  $f_t$  setelah beban luar bekerja, luas beton yang diperlukan :

$$A_{ct} = \frac{Fh}{(f_t y_b) - (f'_t y_t)} \quad (2.56)$$

#### Analisa Penampang Terhadap Lentur

Perhitungan analisa terhadap lentur dilakukan pada daerah terjadi momen maksimum (biasanya di tengah bentang).

Analisa penampang pada saat peralihan

$$f_{ctb} = \frac{F_0}{A_c} \mp \frac{F_0 e}{I} y_{tb} \pm \frac{M_g}{I} y_{tb} \quad (2.57)$$

Analisa penampang pada saat beban luar bekerja (service)

$$f_{ctb} = \frac{F}{A_c} \mp \frac{F e}{I} y_{tb} \pm \frac{M_t}{I} y_{tb} \quad (2.58)$$

Nilai  $f_{ctb}$  tidak boleh melampaui tegangan ijinnya. Menentukan banyaknya kabel strand yang digunakan ( $n$ ) :

$$n = \frac{F_0}{F} \quad (2.59)$$

#### Menentukan Daerah Limit Kabel

Karena tegangan tarik di ijinkan, maka kita dapat menempatkan garis c.g.s, sedikit diluar daerah yang dibatasi sebelumnya.

$$e_t = \frac{f'_t A k_b}{F_0} \quad (2.60)$$

$$e_b = \frac{f'_b A k_t}{F} \quad (2.61)$$

### Perhitungan Kehilangan Pratekan

#### 1. Kehilangan akibat perpindahan elastis (*ES*)

$$ES = K_{es} E_s \frac{f_{cir}}{E_{cl}} \quad (2.62)$$

$$E_{cl} = 4700 \sqrt{f_{cl}}$$

$$K_{es} = 1,0 \quad (\text{untuk sistem pretension})$$

$$f_{cir} = \frac{F_0}{A} + \frac{F_0 e^2}{I} - \frac{M_g e}{I}$$

#### 2. Kehilangan akibat rangkai/creep (*CR*)

$$CR = K_{cr} \frac{E_s}{E_c} (f_{cir} - f_{cds}) \quad (2.63)$$

$$K_{cr} = 2,0 \quad (\text{untuk sistem pretension})$$

$$f_{cds} = \frac{M_{dl} e}{I}$$

#### 3. Kehilangan akibat susut (*SH*)

$$SH = 8,2 \cdot 10^{-6} K_{sh} E_s \left( 1 - 0,06 \frac{V}{S} \right) (100 - RH) \quad (2.64)$$

$$K_{sh} = 1,0 \quad (\text{untuk sistem pretension})$$

$$RH = 75\% \quad (\text{kelembaban})$$

#### 4. Kehilangan akibat relaksasi (*RE*)

$$RE = [K_{re} - J * (SH + CR + ES)] * C \quad (2.65)$$

$$K_{re} = 32 \text{ MPa} \text{ dan } J = 0,037$$

(untuk grade 1720 MPa, relaksasi rendah)

$$C = 1,0 \quad (\text{untuk } \frac{f_{p1}}{f_{pu}} = 0,75)$$

Jumlah total kehilangan prategang metode pretension dihitung sebagai :

$$\Delta f_p = ES + CR + SH + RE \quad (2.66)$$

% Kehilangan Pratekan

$$\% \Delta f_p = \frac{\Delta f_p}{1723} 100\%$$



## 2.9 Perencanaan Pondasi

Pondasi merupakan bagian dari sistem bangunan yang menyalurkan beban dari struktur atas (*superstructure*) dan berat sendirinya ke lapisan tanah atau batuan pada kedalaman tertentu. Tanah harus dapat menyalurkan beban dari struktur yang direncanakan tanpa kegagalan geser dan penurunan berlebihan yang membahayakan struktur. Secara umum, desain pondasi yang baik membutuhkan

1. Penentuan fungsi bangunan, kemungkinan beban layanan, jenis struktur, keadaan tanah, metode konstruksi dan biaya konstruksi.
2. Penentuan kebutuhan pemilik bangunan.
3. Pembuatan desain, dengan memastikan tidak merusak dan mengganggu lingkungan sekitar dan menyediakan faktor keamanan yang cukup.

Pondasi diklasifikasikan berdasarkan ke mana beban disalurkan dalam tanah yaitu:

1. Pondasi dangkal (*shallow foundations*) berupa footing, spread footing, atau rakit. Secara umum mempunyai  $L_p/B \leq 1$  tetapi mungkin sedikit lebih.
2. Pondasi dalam (*deep foundations*) tiang, tiang bor (*drilled piers*) atau kaisan. Secara umum mempunyai  $L_p/B \geq 4 - 5$ .

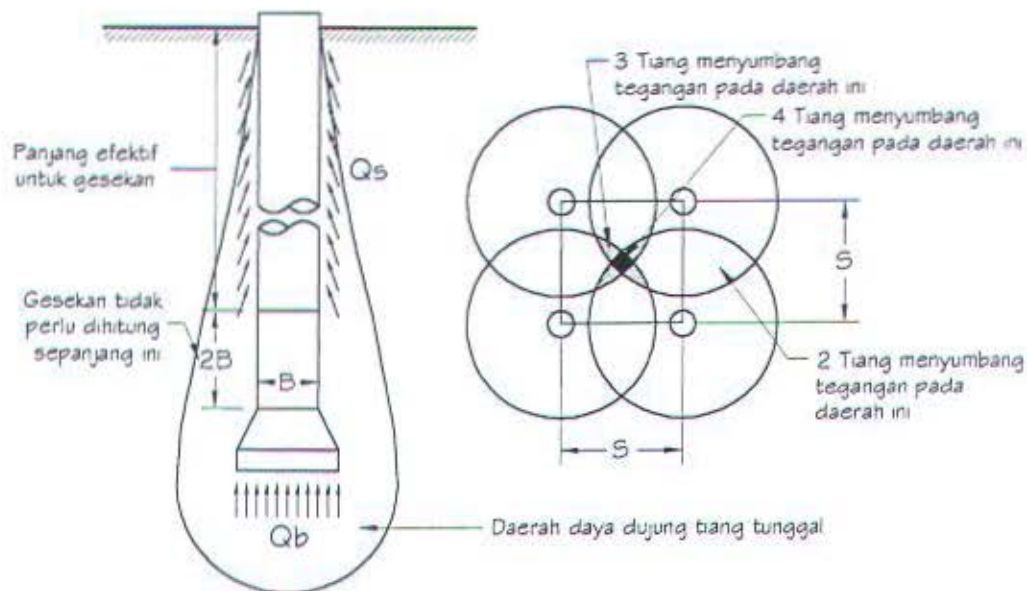
Pada pondasi dalam, beban disalurkan ke dalam tanah dengan kedalaman lebih melalui sebuah tiang. Bangunan besar pada daerah dengan dasar tanah kohesif yang tebal umumnya selalu menggunakan tiang pancang atau tiang bor untuk menyalurkan beban secara vertikal ke lapisan yang memadai. Istilah tiang bor digunakan untuk jenis tiang yang dibuat dengan pengeboran (*drilling*) lubang pada tanah, penulangan ditambahkan bila perlu.

Tiang adalah elemen struktur yang digunakan untuk menyalurkan beban permukaan ke lapisan tanah yang lebih dalam. Penyaluran mungkin dengan distribusi beban secara vertikal sepanjang tiang shaft (*friction*) atau langsung ke lapisan yang lebih dalam melalui ujung tiang (*end bearing*). Biasanya kemampuan tiang menyalurkan beban direncanakan sebagai kombinasi gesekan selimut dan daya dukung ujung, kecuali jika tiang berada

pada tanah yang sangat lembek dan dasarnya keras atau sebaliknya. Kapasitas semua jenis tiang statis dapat dihitung dengan persamaan :

$$\text{Tekan} : Q_u = Q_{pu} + \sum Q_{si} - W$$

$$\text{Tarik} : T_u = \sum Q_{siu} + W_p$$



Gambar 2.14 Daya dukung pondasi tiang

Kapasitas ijin tiang  $P_s$  dan  $T_s$  didapat dengan memberikan faktor keamanan (SF) yang cukup pada masing-masing bagian :

$$Q_s = \frac{Q_{pu}}{SF_p} + \frac{\sum Q_{si}}{SF_s}$$

Jika digunakan satu nilai SF (biasa digunakan karena praktis) didapat :

$$Q_s = \frac{Q_u}{SF}, \quad \text{dan} \quad T_s = \frac{T_u}{SF}$$

Nilai  $P_s$  dan  $T_s$  harus sesuai dengan kapasitas dari jenis material tiang yang diperhitungkan sebelumnya, besarnya nilai SF biasanya berkisar dari 2 sampai 4 atau lebih, tergantung pada ketidakpastian perencanaan.

Standard penetration test (SPT), dikembangkan tahun 1927, saat ini sangat populer dan ekonomis untuk mendapatkan informasi lapisan bawah (*subsurface*). Nilai SPT menunjukkan jumlah pukulan untuk memasukkan benda uji ke dalam tanah sedalam 30,5 cm (12 inch).



Kapasitas daya dukung ujung tiang dihitung dengan persamaan :

$$Q_{pu} = A_p p_b \quad (2.67)$$

Nilai  $p_b$  tergantung pada jenis tanah seperti pada tabel berikut :

Tabel 2.3  
Nilai  $p_b$  Berdasarkan Jenis Tanah

Jenis Tanah	N < 15		N > 15	
	ton/ft <sup>2</sup>	ton/m <sup>2</sup>	ton/ft <sup>2</sup>	ton/m <sup>2</sup>
Pasir	4 N	40 N	60 + 2 (N - 15)	600 + 20 (N - 15)
Lanau	2,5 N	25 N	37,5 + 1,25 (N - 15)	375 + 12,5 (N - 15)
Lempung	2 N	20 N	30 + (N - 15)	300 + 10 (N - 15)

Untuk data SPT Meyerhof (1956, 1976), mengusulkan daya dukung tiang dihitung sebagai :

$$Q_{pu} = A_p \left( 38N \frac{L_p}{B} \right) \leq 380 A_p N \quad (\text{kN/m}^2) \quad (2.68)$$

Nilai  $N$  diambil rata-rata dari daerah 8B ke atas dan 3B ke bawah titik tiang setelah dikoreksi terlebih dahulu. Terzhagi dan Peck mengusulkan koreksi nilai SPT jika  $N > 15$  untuk tanah sangat halus, lanau berpasir dibawah muka air tanah (tanah jenuh) dengan koreksi sebesar :

$$N' = 15 + \frac{1}{2} (N - 15) \quad (2.69)$$

Sedangkan Bazaraa (1967) juga mengusulkan koreksi nilai  $N$  pada jenis tanah yang sama sebesar :

$$N' = 0,6N$$

Sedangkan untuk tanah berbutir kasar (kerikil atau kerikil berpasir, Burland dan Burbidge mengusulkan koreksi sebesar :

$$N' = 1,25 N$$

Kapasitas daya dukung tiang akibat friksi berdasarkan nilai SPT dihitung dengan persamaan :

$$Q_{sf} = \sum A_{si} N \quad (2.70)$$

Sehingga :

$$Q_d = \frac{Q_{pu} + Q_{sf}}{SF} \quad (2.71)$$

### Daya dukung kelompok tiang

Bila daya dukung tiang tunggal tidak mencukupi maka dibuat kelompok tiang untuk menahan beban kerja. Jarak antar tiang (*spacing*) dalam kelompok akan mempengaruhi kapasitas dukung tiang, semakin kecil nilai  $s$ , maka semakin besar efisiensi yang terjadi. Hal ini disebabkan karena adanya overlapping dari daya dukung tiang tunggal yang bekerja pada kelompok tiang, seperti pada gambar 2.14, daya dukung kelompok tiang dihitung dengan persamaan :

$$Q_g = n Q_u E_g \quad (2.72)$$

$E_g$  akan bernilai 1,0 bila jarak spasi berkisar antara 2,5D - 3,5D (untuk beban vertikal). Sedangkan untuk kelompok tiang yang memikul beban lateral atau beban dinamis, spasi tiang yang lebih besar biasanya lebih efisien. Bila spasi yang digunakan kurang dari 2,5D maka efisiensi kelompok menurut Converse-Labarre dapat dihitung sebagai :

$$E_g = 1 - \theta \frac{(n-1)m + (m-1)n}{90mn} \quad (2.73)$$

$$\text{di mana: } \theta = \tan^{-1} \frac{D}{s} \quad (\text{dalam derajat})$$

Persamaan ini dibatasi hanya untuk kelompok berbentuk empat persegi panjang. Recently Sayed dan Bakeer (1992) mengenalkan persamaan efisiensi sebagai berikut :

$$E_g = 1 - (1 - \eta' K) \frac{\sum Q_s}{\sum (Q_s + Q_p)} \quad (2.74)$$

Di mana:  $\eta'$  = parameter efisiensi geometrik bernilai antara 0,6 - 2,5

$K$  = interaksi kelompok (diperkirakan) berkisar antara 0,4 - 0,9

Persamaan lain untuk menghitung efisiensi kelompok tiang adalah :

$$E_g = \frac{2(m+n-2)s + 4D}{mn\pi D} \quad (2.75)$$

Dari persamaan 2.75, bila efisiensi kelompok tiang diharapkan bernilai 100% maka jarak spasi ( $s$ ) antar tiang dalam kelompok sama atau lebih besar dari persamaan 2.76.

$$s \geq \frac{1,57 Dmn - 2D}{mn\pi D} \quad (2.76)$$



### Poer Tiang

Poer digunakan untuk menyebarkan beban vertikal dan horisontal dan momen ke setiap tiang di dalam kelompok. Setiap tiang akan menahan beban (untuk beban kosentris) adalah sebesar :

$$Q_p = \frac{P}{n} \quad (2.77)$$

Bila terjadi kombinasi pembebanan aksial dan momen, atau untuk beban aksial yang tidak kosentris, persamaan di atas menjadi :

$$Q_p = \frac{P}{n} \pm \frac{M_y x}{\sum x^2} \pm \frac{M_x y}{\sum y^2} \quad (2.78)$$

$\sum x^2, \sum y^2$  momen inersia kelompok tiang yang dihitung sebagai :

$$I = I_o + A d^2$$

Tetapi untuk kemudahan nilai  $I_o$  dan  $A$  dapat diabaikan, sehingga yang berpengaruh hanya kuadrat jarak tiang ke sumbu simetris kelompok tiang.

## 2.10 Data Perencanaan

Gedung parkir Pasaraya awalnya merupakan gedung semi permanen dengan 4 lantai yang direncanakan untuk menampung parkir pengunjung Pasaraya selama  $\pm 5$  tahun. Tetapi karena ada perubahan keinginan dari pemilik maka gedung ini dibuat permanen dengan penambahan lantai menjadi 10 lantai. Gedung ini berada pada daerah zone 4 dan direncanakan mempunyai faktor keutamaan = 1, sedangkan faktor jenis struktur (K) = 1.

### Data Tanah

Untuk perencanaan struktur bawah yaitu perancangan poer dan perhitungan daya dukung pondasi tiang dipakai data tanah yang didapat dari hasil uji SPT (*Standard Penetration Test*).

### Data Bangunan

- Nama gedung : Gedung Parkir Pasaraya Blok-M Jakarta
- Lokasi : Jln. Iskandarsyah II No.2  
Kebayoran Baru - Jakarta
- Jumlah lantai yang akan direncanakan :
  - 4 lantai existing
  - 4 lantai penambahan baru

- Fungsi lantai
  - Lantai dasar (existing) : untuk perbankan
  - Lantai 1 - 3 (existing) : parkir kendaraan
  - Lantai 4 - 5 (baru) : parkir kendaraan
  - Lantai 6 (baru) : ruang fitness
  - Lantai 7 (baru) : ruang entertainment
  - Lantai 8 (baru) : ruang Pro-TV dan Theathre
- Tinggi bangunan : 39,5 meter
- Jenis Struktur
  - Struktur atap : rangka baja
  - Struktur atas : kolom komposit, balok biasa.
  - Struktur lantai : pelat pracetak (HCS).
  - Struktur bawah : Bored pile (*enlarged base*).
- Mutu bahan
  - Pelat lantai dan kolom komposit menggunakan beton mutu  $f'_c = 40$  Mpa, struktur tangga menggunakan  $f'_c = 30$  MPa.
  - Pondasi  $f'_c = 30$  MPa =  $300 \text{ kg/cm}^2$
  - Balok, kolom (profil WF) BJ 37  
dengan  $f_y = 2400 \text{ kg/cm}^2$  dan  $f_u = 3700 \text{ kg/cm}^2$
  - Rangka baja atap BJ 37.
  - Sambungan menggunakan baut mutu BJ 37 atau BJ 50
  - Sambungan las menggunakan mutu las E70XX
  - Baja tulangan  $\varnothing < 13 \text{ mm}$   $f_y = 240 \text{ MPa}$   
 $\varnothing \geq 13 \text{ mm}$   $f_y = 400 \text{ MPa}$

#### Data Pembebanan

Jenis-jenis pembebanan yang diperhitungkan dalam perancangan gedung parkir Pasaraya ini adalah :

##### 1. Beban mati

Yang termasuk beban mati adalah berat sendiri struktur, berat pelat HCS, finishing lantai, berat dinding, berat plafond dan penggantung, beban elektrikl dan mekanikal yang besarnya didasarkan pada Peraturan Pembebanan Indonesia tahun 1983.



# Bab III

## DESAIN STRUKTUR PENDUKUNG

### 3.1 DESAIN STRUKTUR TANGGA

#### 3.1.1 Desain Tangga

Syarat perencanaan :

$$D + 2N = 60 - 65 \text{ cm}$$

$$20^\circ < \alpha < 40^\circ$$

Data perencanaan :

- $D = 27 \text{ cm}$

- $N = 19 \text{ cm}$

$$27 + 2 \cdot 19 = 65$$

- Jumlah langkah naik (n)  $= 150/19 = 7,89 \approx 8 \text{ buah}$

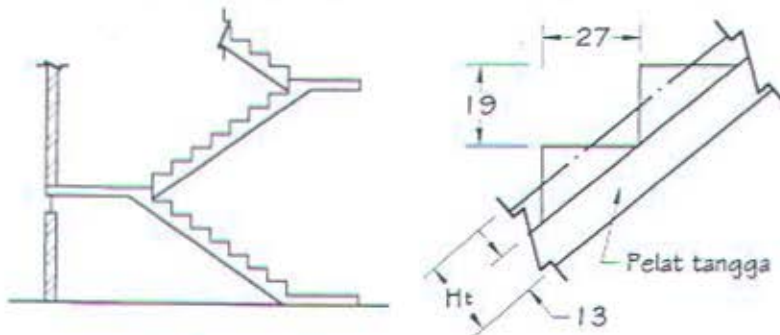
- Panjang langkah datar  $= (n - 1) \cdot D$   
 $= (8 - 1) \cdot 27 = 189 \approx 190 \text{ cm}$

- Lebar bordes  $= 150 \text{ cm}$

- Tebal pelat tangga  $= 130 \text{ mm}$

- Tebal pelat bordes  $= 130 \text{ mm}$

- Kemiringan tangga ( $\alpha$ )  $= \arctan (150/190) = 38,29^\circ$



Gambar 3.1 Rencana bentuk tangga

$$y = 27 \cdot \sin 38,29^\circ = 16,73 \text{ cm}$$

$$t_r = 0,5 \cdot y$$

$$= 0,5 \cdot 16,73 = 8,365$$

$$H_t = 13,0 + 8,5 = 21,5 \text{ cm}$$

## Pembebanan Tangga

### 1. Pelat Tangga

#### ▪ Beban Mati (DL)

- Pelat tangga dengan tebal pelat = 21,5 cm

(langsung diperhitungkan di SAP90)

- Penutup lantai + adukan (t = 2 cm)

$$DL = (21 + 24) * 2 * \frac{(0,27 + 0,19)}{0,27} = 153,33 \text{ kg/m}^2$$

berat yang tegak lurus bidang tangga (DL')

$$DL' = 153,33 \text{ kg/m}^2 * (\cos 38,29^\circ)$$

$$= 120,35 \text{ kg/m}^2$$

$$DL'_{\text{terfaktor}} = 120,35 \text{ kg/m}^2 * 1,2 = 144,42 \text{ kg/m}^2$$

- Beban railing dianggap sebesar 50 kg/m'

$$DR = 50 \text{ kg/m}' * 0,62 \text{ m}$$

$$= 31 \text{ kg} \quad (\text{untuk joint tengah})$$

$$DR_{\text{terfaktor}} = 31 \text{ kg} * 1,2 = 37,20 \text{ kg}$$

untuk joint pinggir diambil setengahnya

#### ▪ Beban Hidup (LL)

$$\text{Beban hidup} = 500,0 \text{ kg/m}^2$$

Beban hidup yang tegak lurus bidang pelat tangga (LL')

$$LL' = 500 * (\cos 38,29^\circ)$$

$$= 392,44 \text{ kg/m}^2$$

$$LL'_{\text{terfaktor}} = 392,44 \text{ kg/m}^2 * 1,6 = 627,907 \text{ kg/m}^2$$

### 2. Pelat Bordes

#### ▪ Beban Mati (DL)

- Pelat bordes dengan tebal pelat = 13 cm

(langsung diperhitungkan di SAP90)

- Penutup lantai + adukan (t = 2 cm)

$$DL = 2 * (21 + 24) = 90,0 \text{ kg/m}^2$$

$$DL_{\text{terfaktor}} = 90 \text{ kg/m}^2 * 1,2 = 108,0 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Beban Hidup (LL)} = 500,0 \text{ kg/m}^2$$

$$LL_{\text{terfaktor}} = 500 \text{ kg/m}^2 * 1,6 = 800,0 \text{ kg/m}^2$$



## Penulangan Tangga

Direncanakan :

- Tebal selimut beton ( $d'$ ) = 20 mm
- Diameter tulangan arah-Y = 12 mm ( $A_{s1} = 113,1 \text{ cm}^2$ )
- Diameter tulangan arah-X = 8 mm ( $A_{s1} = 50,2 \text{ cm}^2$ )
- Mutu bahan :  $f_c' = 30 \text{ Mpa}$   
 $f_y = 240 \text{ Mpa}$

$$E = 4700 \cdot \sqrt{f_c'} = 4700 \cdot \sqrt{30} = 25742,96 \text{ MPa}$$

$$\begin{aligned}\beta_1 &= 0,85 - 0,008 \cdot (f_c' - 30) \\ &= 0,85 - 0,008 \cdot (30 - 30) = 0,85\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_{\text{balance}} &= \frac{0,85 \cdot \beta_1 \cdot f_c' \cdot \frac{600}{f_y}}{600 + f_y} \\ &= \frac{0,85 \cdot 0,85 \cdot 30}{240} \cdot \frac{600}{600 + 240} = 0,0645\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_{\text{maks}} &= 0,75 \cdot \rho_{\text{balance}} \\ &= 0,75 \cdot 0,0645 = 0,04838\end{aligned}$$

$$\rho_{\text{min}} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{240} = 0,005833$$

$$\begin{aligned}A_{s \text{ min}} &= 0,002 \cdot b \cdot h \\ &= 0,002 \cdot 1000 \cdot 130 = 260 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Penulangan tangga dan bordes direncanakan sama untuk masing-masing arah. Dari analisa struktur didapatkan gaya momen terbesar yang digunakan untuk perhitungan tulangan adalah sebagai berikut :

- Arah-X = 77,957 kgm
- Arah-Y = 2985,60 kgm

### 1. Penulangan arah-X

$$\begin{aligned}M_{ux} &= 77,957 \text{ kgm} \\ &= 764758,17 \text{ Nmm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Tinggi efektif } (d_x) &= h - (d' + \frac{1}{2} \phi_x) \\ &= 130 - (20 + \frac{1}{2} \cdot 8) \\ &= 106 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{764758,17}{0,8} = 955947,71 \text{ Nmm}$$

$$a = \frac{M_n}{0,85 \cdot f'_c \cdot b \cdot d_x^2} = \frac{955947,71}{0,85 \cdot 30 \cdot 1000 \cdot 106^2} = 0,0033364$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{0,85 \cdot f'_c}{f_y} \cdot (1 - \sqrt{1 - 2a}) \\ &= \frac{0,85 \cdot 30}{240} \cdot (1 - \sqrt{1 - 2 \cdot 0,0033364}) = 3,551 \cdot 10^{-4} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_s &= \rho \cdot b \cdot d_x \\ &= (3,551 \cdot 10^{-4}) \cdot 1000 \cdot 106 = 37,64 \text{ mm}^2 < A_{s \text{ min}} \end{aligned}$$

$$\text{Dipakai } A_{s \text{ min}} = 260 \text{ mm}^2$$

$$S_{\text{maks}} = 5 T_{\text{plat}} = 5 \cdot 150 = 750 \text{ mm, atau}$$

$$S_{\text{maks}} = 500 \text{ mm}$$

$$S = \frac{b}{\left( \frac{A_s}{A_{s1}} \right)} = \frac{1000}{\left( \frac{260}{50,2} \right)} = 193 \text{ mm} < S_{\text{maks}} \quad (\text{OK})$$

Untuk tulangan arah-X dipasang  $\varnothing 8 - 175 \text{ mm}$

## 2. Penulangan arah-Y

$$\begin{aligned} M_{uy} &= 2985,6 \text{ kgm} \\ &= 29288736,0 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tinggi efektif } (d_y) &= h - (d' + \varnothing_x + \frac{1}{2} \varnothing_y) \\ &= 130 - (20 + 12 + \frac{1}{2} \cdot 8) \\ &= 94 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{29288736,0}{0,8} = 36610920 \text{ Nmm}$$

$$\begin{aligned} a &= \frac{M_n}{0,85 \cdot f'_c \cdot b \cdot d_y^2} = \frac{36610920}{0,85 \cdot 30 \cdot 1000 \cdot 94^2} \\ &= 0,16248 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{0,85 \cdot f'_c}{f_y} \cdot (1 - \sqrt{1 - 2a}) \\ &= \frac{0,85 \cdot 30}{240} \cdot (1 - \sqrt{1 - 2 \cdot 0,16248}) = 0,018954 \end{aligned}$$

$$\rho_{\text{maks}} > \rho_{\text{perlu}}$$

$$\begin{aligned} A_s &= \rho \cdot b \cdot d_y \\ &= 0,018954 \cdot 1000 \cdot 94 = 1781,755 \text{ mm}^2 < A_{s \text{ min}} \end{aligned}$$

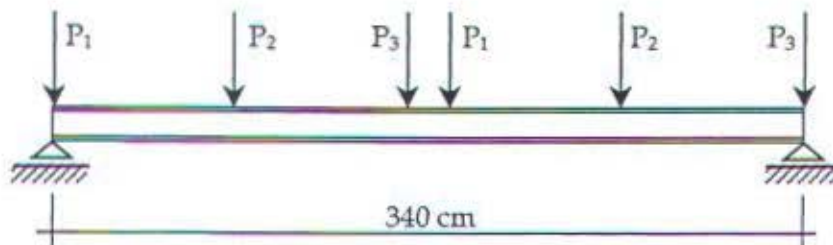


Dipakai  $A_s = 1781,755 \text{ mm}^2$

$$S = \frac{b}{\left(\frac{A_s}{A_{sl}}\right)} = \frac{1000}{\left(\frac{1781,755}{113,1}\right)} = 63,47 \text{ mm} < S_{maks} \quad (\text{OK})$$

Untuk tulangan arah-Y dipasang  $\varnothing 12 - 60 \text{ mm}$

### 3.1.2 Rencana Balok Penyangga



Gambar 3.2 Pembebanan pada balok tangga

Beban-beban yang bekerja didapat dari output SAP90 adalah :

Tanpa faktor beban (TFB)	Dengan faktor beban (DFB)
$P_1 = 735,8361 \text{ kg}$	$P_1 = 1019,1106 \text{ kg}$
$P_2 = 1466,7058 \text{ kg}$	$P_2 = 2015,9073 \text{ kg}$
$P_3 = 917,1414 \text{ kg}$	$P_3 = 1260,0147 \text{ kg}$
$P_{total} = 3119,6833 \text{ kg}$	$P_{total} = 4295,0326 \text{ kg}$

Beban reaksi tangga dibuat menjadi beban merata (karena simetris ditinjau  $\frac{1}{2}$  bentang).

$$q_{equiv. (DFB)} = \frac{4295,0326 \text{ kg}}{1,7} = 2526,4897 \text{ kg/m'}$$

$$q_{equiv. (TFB)} = \frac{3119,6833 \text{ kg}}{1,7} = 1835,1078 \text{ kg/m'}$$

$$\text{BS. profil perkiraan} = 30,0 \text{ kg/m'}$$

Dinding bata (tinggi 3,0 meter)

$$q_{bata} = 3,0 * 250 \text{ kg/m}^2 = 750,0 \text{ kg/m'}$$

$$q_{total} = 2615,1078 \text{ kg/m'}$$

#### 1. Kontrol Lendutan

$$q_{total} = 2615,1078 \text{ kg/m'} = 26,15 \text{ kg/cm'}$$

$$f = \frac{5}{384} \cdot \frac{q_t \cdot L^4}{EI_x} \leq \frac{L}{360} \quad (\text{Balok pemikul dinding})$$

$$f = \frac{5}{384} \cdot \frac{26,15 \cdot 340^4}{2 \cdot 10^5 \cdot I_x} \leq \frac{340}{360}$$

$$\frac{2275,077}{I_x} \leq 0,9444$$

$$I_x \geq 2409,018 \text{ cm}^4$$

Dicoba profil WF 250.125.5.8

data profil :  $A = 32,68 \text{ cm}^2$      $r = 12,0 \text{ cm}$

$i_x = 10,4 \text{ cm}$      $i_y = 2,79 \text{ cm}$

## 2. Kontrol tekuk lokal

### a. Badan penampang

$$\left. \begin{aligned} \frac{h}{t_w} &= \frac{250 - 2 \cdot (8 + 12)}{5} = 42 \\ \lambda_R &= \frac{665}{\sqrt{f_y}} = \frac{665}{\sqrt{240}} = 42,95 \end{aligned} \right\} \frac{h}{t_w} < \lambda_R$$

### b. Sayap penampang

$$\left. \begin{aligned} \frac{b}{2t_f} &= \frac{125}{2 \cdot 8} = 7,8125 \\ \lambda_R &= \frac{250}{\sqrt{f_y}} = \frac{250}{\sqrt{240}} = 16,14 \end{aligned} \right\} \frac{b}{2t_f} < \lambda_R$$

*Jenis penampang kompak*

## 3. Kontrol tekuk lateral

Tangga hanya menumpu bebas pada balok (perletakan rol),

Sehingga :  $L_b = \text{panjang balok}$   
 $= 340 \text{ cm}$

$$L_p = 1,76 \cdot i_y \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 1,76 \cdot 2,79 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot 10^5}{240}} = 141,75 \text{ cm}$$

dari tabel didapat  $L_r = 420,2 \text{ cm}$

$$L_p < L_b < L_r$$

*Jenis batang menengah*



$$M_n = C_b \left[ M_r + (M_p - M_r) \cdot \frac{(L_r - L_b)}{(L_r - L_p)} \right] \leq M_r$$

$$\begin{aligned} q_{\text{faktor}} &= 2526,4897 \text{ kg/m'} + 1,2 \cdot (30 + 750) \text{ kg/m'} \\ &= 3462,4897 \text{ kg/m'} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{\text{maks}} &= 1/8 \cdot q_{\text{faktor}} \cdot L^2 \\ &= 1/8 \cdot 3462,4897 \cdot 3,4^2 = 5003,2977 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_a = R_b &= 1/2 \cdot q \cdot L \\ &= 1/2 \cdot (3462,4897 \cdot 3,4) = 5886,2325 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$M_{1/2} = M_{\text{maks}}$$

$$\begin{aligned} M_{1/4} &= M_{3/4} \\ &= (R_a \cdot 1/4 L) - (1/2 q \cdot L_{1/4}^2) \\ &= (5886,2325 \cdot (1/4 \cdot 3,4)) - (1/2 \cdot 3462,4897 \cdot (1/4 \cdot 3,4)^2) \\ &= 3752,4732 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C_b &= \frac{12,5 M_{\text{maks}}}{2,5 M_{\text{maks}} + 3 M_a + 4 M_b + 3 M_c} \\ &= \frac{12,5 \cdot (5003,297)}{(2,5 + 4) \cdot (5003,297) + (3 + 3) \cdot (3752,4732)} \\ &= 1,13636 \leq 2,3 \end{aligned}$$

dari tabel, untuk profil WF 250.125.5.8 didapat :

- $M_p = 742387 \text{ kgcm} = 7423,87 \text{ kgm}$
- $M_r = 484500 \text{ kgm} = 4845,0 \text{ kgm}$

$$\begin{aligned} M_n &= 1,13636 \left[ 4845 + (7423,87 - 4845) \cdot \frac{(420,2 - 340)}{(420,2 - 141,8)} \right] \\ &= 1,13636 \cdot 5587,907 \text{ kgm} \\ &= 6349,87 \text{ kgm} > M_p = 7423,87 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$\text{Sehingga } M_n = M_p = 6349,87 \text{ kgm}$$

$$M_u = M_{\text{maks}} = 5003,298 \text{ kgm}$$

$$M_u \leq \phi M_n$$

$$5003,297 \text{ kgm} \leq 0,9 \cdot (6349,87 \text{ kgm})$$

$$5003,297 \text{ kgm} \leq 5714,883 \text{ kgm} \quad (\text{OK})$$

## 4. Kontrol geser penampang

Untuk profil WF

$$\frac{h}{t_w} = \frac{250 - 2 \cdot (8 + 12)}{5} = 42$$

$$6,36 \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 6,36 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot 10^5}{240}} = 183,6 \quad \left. \vphantom{\frac{h}{t_w}} \right\} \frac{h}{t_w} \leq 6,36 \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

*Tidak memerlukan pengaku vertikal pelat badan*

$$K_n = 5 + \frac{5}{\left(\frac{a}{h}\right)^2} \quad \text{Tidak memakai pengaku vertikal } (K_n = 5)$$

Geser nominal

$$1,10 \cdot \sqrt{\frac{K_n \cdot E}{f_y}} = 1,10 \cdot \sqrt{\frac{5 \cdot 2 \cdot 10^5}{240}} = 71,005$$

$$\therefore \frac{h}{t_w} \leq 1,10 \cdot \sqrt{\frac{K_n \cdot E}{f_y}} \quad \text{Jenis pelat tebal}$$

$$\begin{aligned} \text{maka : } V_n &= 0,6 \cdot f_y \cdot A_w \quad (A_w = d \cdot t_w) \\ &= 0,6 \cdot 2400 \cdot (25 \cdot 0,5) \\ &= 18000 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$V_u = R_a = R_b = 5886,2325 \text{ kg}$$

$$V_u \leq 0,9 \cdot V_n$$

$$5886,2325 \text{ kg} \leq 0,9 \cdot 18000 \text{ kg}$$

$$5886,2325 \text{ kg} \leq 16200 \text{ kg} \quad (\text{OK})$$

*Profil balok tangga menggunakan WF 250.125.5.8*

## 3.1.3 Rencana Kolom

Pada kolom penyangga diasumsikan hanya bekerja gaya aksial murni (P).

$$P = R_a + \text{BS. Kolom} \quad (\text{BS. Profil kolom } \pm 35 \text{ kg/m'})$$

$$P = 5886,2325 \text{ kg} + (35 \text{ kg/m'} \cdot 3 \text{ m}) = 5991,2325 \text{ kg}$$

Jumlah lantai (n) = 10 lantai

$$P_u = n P$$

$$= 10 \cdot 5991,2325 \text{ kg} = 59912,325 \text{ kg}$$



Desain kolom paling bawah.



$$L_k = 0,8 \cdot L$$

$$= 0,8 \cdot 150 \text{ cm} = 120 \text{ cm}$$

Kontrol Kelangsingan

$$\lambda = \frac{L_k}{r} < 200 \quad (\text{direncanakan } \lambda = 100)$$

$$r = \frac{L_k}{\lambda} = \frac{120}{100} = 1,2 \text{ cm}$$

$$\lambda_c = \frac{\lambda}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_y}{E}} = \frac{100}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{240}{2 \cdot 10^5}}$$

$$= 1,10265$$

$$0,25 < \lambda_c < 1,2$$

$$\omega = \frac{1,43}{1,6 - 0,67\lambda_c} = \frac{1,43}{1,6 - 0,67 \cdot (1,10265)}$$

$$= 1,6604$$

$$P_n = \frac{A_g \cdot f_y}{\omega}$$

$$59912,325 \text{ kg} = \frac{A_g \cdot 2400}{1,6604} \longrightarrow A_g = 41,449 \text{ cm}^2$$

Dicoba menggunakan profil WF 150.150.7.10

data profil :  $A = 40,14 \text{ cm}^2$      $q = 31,5 \text{ kg/m}'$

$i_x = 6,39 \text{ cm}$      $i_y = 3,75 \text{ cm}$

Jenis kolom aksial murni

$$L_{kx} = 0,8 \cdot 150 = 120 \text{ cm}$$

$$L_{ky} = 0,8 \cdot 300 = 240 \text{ cm}$$

$$\lambda_x = \frac{L_{kx}}{i_x} = \frac{120}{6,39} = 18,78$$

$$\lambda_y = \frac{L_{ky}}{i_y} = \frac{240}{3,75} = 64$$

dipakai  $\lambda_{maks} = \lambda_y$

$$\lambda_c = \frac{\lambda}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_y}{E}} = \frac{64}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{240}{2 \cdot 10^5}}$$

$$= 0,706 \quad (0,25 < \lambda_c < 1,2)$$

$$\begin{aligned}\omega &= \frac{1,43}{1,6 - 0,67\lambda_c} = \frac{1,43}{1,6 - 0,67 * (0,706)} \\ &= 1,2689 \\ P_n &= \frac{A_g * f_y}{\omega} = \frac{40,14 * 2400 \text{ kg/cm}^2}{1,2689} \\ &= 75920,88 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$P_u \leq \phi P_n$$

$$59912,325 \text{ kg} \leq 0,85 * (75920,88 \text{ kg})$$

$$59912,325 \text{ kg} \leq 64532,75 \text{ kg} \quad (\text{OK})$$

Profil kolom menggunakan WF 150.150.7.10.

### 3.1.4 Desain Sambungan

Sambungan balok-kolom pada struktur tangga merupakan sambungan geser, karena perletakan sendi, maka sambungan menggunakan baut supaya dapat berotasi.

#### 1. Sambungan siku dengan sayap kolom

##### a. Kuat geser baut

$$V_{dg} = \phi_t m r_1 f_u A_g$$

Direncanakan :

- pada bidang geser baut ada ulir ( $r_1 = 0,4$ )
- $\phi_{\text{baut}} = 12 \text{ mm}$  ( $A_g = 1,1309 \text{ cm}^2$ )
- mutu baut BJ 37

$$\begin{aligned}V_{dg} &= 0,75 * 1 * 0,4 * 3700 \text{ kg/cm}^2 * 1,1309 \text{ cm}^2 \\ &= 1255,299 \text{ kg}\end{aligned}$$

##### b. Kuat tumpu

$$\begin{aligned}V_{dt} &= \phi_t 2,4 d_b t_p f_u \\ &= 0,75 * 2,4 * 1,2 \text{ cm} * 0,7 \text{ cm} * 3700 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 5594,4 \text{ kg}\end{aligned}$$

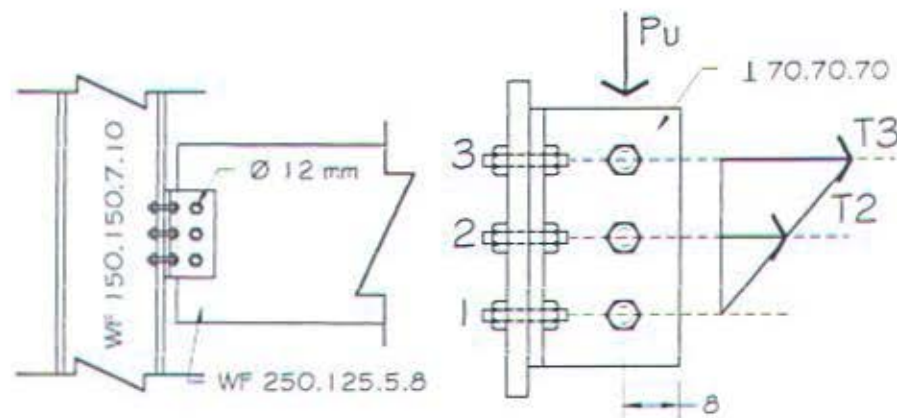
$$V_{dg} < V_{dt} \quad (\text{digunakan } V_{dg} = 1255,299 \text{ kg})$$

$$P_u = R_a = 5886,2325 \text{ kg}$$

$$n = \frac{P_u}{V_{dg}} = \frac{5886,2325 \text{ kg}}{1255,299 \text{ kg}} = 4,689 \text{ buah}$$

Supaya simetris dipasang 6 buah baut.





Gambar 3.3 Rencana penempatan baut

Beban  $P_u$  bekerja pada bidang geser sambungan siku dengan pelat badan balok dengan jarak minimum dari tepi siku  $2\phi_{\text{baut}} = 25 \text{ mm}$ .

$$T_{\text{maks}} = T_3 = \frac{M \cdot d_{\text{maks}}}{\sum d^2}$$

$$\begin{aligned} M_u &= P_u \cdot e = 5886,2325 \text{ kg} \cdot (7 - 2,5) \text{ cm} \\ &= 26488,046 \text{ kgcm} \end{aligned}$$

$$\sum d^2 = 2 \cdot (3,6^2 + 7,2^2) = 129,6 \text{ cm}^2$$

$$T_{\text{maks}} = T_3 = \frac{26488,046 \cdot 7,2}{129,6} = 1471,558 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} \overline{f_{uv}} &= \phi_f r_1 f_u m \\ &= 0,75 \cdot 0,4 \cdot 3700 \text{ kg/cm}^2 \cdot 1 = 1110 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_{uv} &= \frac{P_u}{n A_b} = \frac{5886,2325 \text{ kg}}{6 \cdot 1,1309 \text{ cm}^2} \\ &= 867,4849 \text{ kg/cm}^2 \leq \overline{f_{uv}} \quad (\text{OK}) \end{aligned}$$

Interaksi geser dan tarik

$$\begin{aligned} f_t &= 1,3 f_u - r_2 f_{uv} \leq f_u \\ &= 1,3 \cdot 3700 \text{ kg/cm}^2 - 1,9 \cdot 867,4849 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 3161,779 \text{ kg/cm}^2 \leq 3700 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

Digunakan nilai yang terkecil yaitu :  $f_t = 3161,779 \text{ kg/cm}^2$

Gaya tarik nominal pada daerah geser adalah :

$$\begin{aligned} T_d &= \phi_f 0,75 f_t A_b \\ &= 0,75 \cdot 0,75 \cdot 3161,779 \text{ kg/cm}^2 \cdot 1,1309 \text{ cm}^2 \\ &= 2011,306 \text{ kg} \geq T_{\text{maks}} \quad (\text{OK}) \end{aligned}$$

## 2. Sambungan siku dengan badan balok

Sambungan ini merupakan sambungan geser murni karena beban  $P_u$  bekerja tepat pada bidang geser baut.

### a. Kuat geser baut (bidang geser 2 buah)

$$\begin{aligned} V_{dg} &= \phi_t m r_1 f_u A_g \\ V_{dg} &= 0,75 * 2 * 0,4 * 3700 \text{ kg/cm}^2 * 1,1309 \text{ cm}^2 \\ &= 2510,598 \text{ kg} \end{aligned}$$

### b. Kuat tumpu

$$\begin{aligned} V_{dt} &= \phi_t 2,4 d_b t_p f_u \quad (t_p \text{ dipakai pelat badan balok}) \\ &= 0,75 * 2,4 * 1,2 \text{ cm} * 0,5 \text{ cm} * 3700 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 3996 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$V_{dg} < V_{dt} \quad (\text{digunakan } V_{dg} = 2510,598 \text{ kg})$$

$$\begin{aligned} n &= \frac{P_u}{V_{dg}} = \frac{5886,2325 \text{ kg}}{2510,598 \text{ kg}} = 2,344 \text{ buah} \\ &\approx 3 \text{ buah} \end{aligned}$$

## 3. Kontrol siku penyambung



Gambar 3.4 Kontrol siku penyambung

$$\begin{aligned} \phi_{lub.} &= 12 \text{ mm} + 1,6 \text{ mm} \quad (\text{lubang dibuat dengan bor}) \\ &= 13,6 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{nv} &= L_{nv} * t_l = (L - n \phi_{baut}) * t_l \\ &= (12 - 3 * 1,36) * 0,7 = 5,544 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Siku ditinjau satu sisi, sehingga gaya =  $\frac{1}{2} P_u = 2943,116 \text{ kg}$

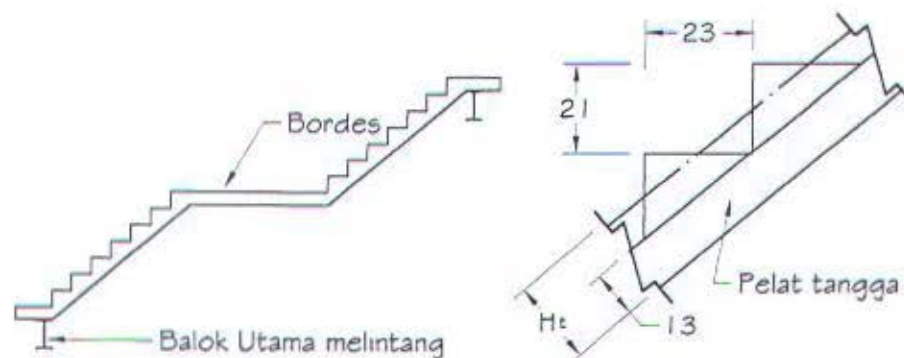
$$\begin{aligned} \phi P_n &= \phi (0,6 f_u * A_{nv}) \\ &= 0,9 * 0,6 * 3700 \text{ kg/cm}^2 * 5,544 \text{ cm}^2 \\ &= 11076,9122 \text{ kg} \geq 2943,116 \text{ kg} \quad (\text{OK}) \end{aligned}$$



### 3.1.5 Desain Tangga Utama

Data perencanaan :

- $D = 23 \text{ cm}$
- $N = 21 \text{ cm}$
- $23 \text{ cm} + 2 * 21 \text{ cm} = 65 \text{ cm}$
- Jumlah langkah naik (n)  $= 500/21 = 23,81 \approx 24 \text{ buah}$
- Panjang langkah datar  $= (n - 2) * D$   
 $= (24 - 2) * 23 = 506 \text{ cm}$
- Panjang bordes  $= 214 \text{ cm}$
- Tebal pelat tangga  $= 130 \text{ mm}$
- Tebal pelat bordes  $= 130 \text{ mm}$
- Kemiringan tangga ( $\alpha$ )  $= \arctan (21/23) = 42,397^\circ$



Gambar 3.4a Rencana bentuk tangga

$$\begin{aligned}
 y &= 23 * \sin 42,397^\circ = 15,508 \text{ cm} \\
 t_r &= 0,5 * y \\
 &= 0,5 * 15,508 = 7,75 \text{ cm} \\
 H_t &= 13,0 + 7,75 = 20,75 \text{ cm} \approx 21 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

#### Pembebanan Tangga

##### 1. Pelat Tangga

- Beban mati (DL)
  - Pelat tangga dengan tebal pelat  $= 21 \text{ cm}$   
 (langsung diperhitungkan di SAP90)
  - Penutup lantai + adukan ( $t = 2 \text{ cm}$ )

$$DL = (21 + 24) * 2 * \frac{(0,23 + 0,21)}{0,23} = 172,174 \text{ kg/m}^2$$

$$\begin{aligned}\text{Beban terpusat tiap titik (joint)} &= 0,5 \text{ m} * 0,506 \text{ m} * 172,174 \text{ kg/m}^2 \\ &= 43,56 \text{ kg}\end{aligned}$$

- Beban hidup (LL)

$$\text{Beban hidup} = 500,0 \text{ kg/m}^2$$

$$\begin{aligned}\text{Beban terpusat tiap titik (joint)} &= 0,5 \text{ m} * 0,506 \text{ m} * 500 \text{ kg/m}^2 \\ &= 126,5 \text{ kg}\end{aligned}$$

## 2. Pelat Bordes

- Beban Mati (DL)

- Pelat bordes dengan tebal pelat = 13 cm  
(langsung diperhitungkan di SAP90)

- Penutup lantai + adukan ( $t = 2 \text{ cm}$ )

$$\text{DL} = 2 * (21 + 24) = 90,0 \text{ kg/m}^2$$

$$\begin{aligned}\text{Beban terpusat tiap titik (joint)} &= 0,5 \text{ m} * 0,535 \text{ m} * 90 \text{ kg/m}^2 \\ &= 24,075 \text{ kg}\end{aligned}$$

- Beban Hidup (LL) = 500,0 kg/m<sup>2</sup>

$$\begin{aligned}\text{Beban terpusat tiap titik (joint)} &= 0,5 \text{ m} * 0,535 \text{ m} * 500 \text{ kg/m}^2 \\ &= 133,75 \text{ kg}\end{aligned}$$

## Penulangan Tangga

Direncanakan :

- Tebal selimut beton ( $d'$ ) = 20 mm
- Diameter tulangan arah-Y = 12 mm ( $A_{s1} = 113,1 \text{ cm}^2$ )
- Diameter tulangan arah-X = 8 mm ( $A_{s1} = 50,2 \text{ cm}^2$ )
- Mutu bahan :  $f'_c = 30 \text{ Mpa}$   
 $f_y = 240 \text{ Mpa}$

$$E = 4700 * \sqrt{f'_c} = 4700 * \sqrt{30} = 25742,96 \text{ MPa}$$

$$\begin{aligned}\beta_1 &= 0,85 - 0,008 * (f'_c - 30) \\ &= 0,85 - 0,008 * (30 - 30) = 0,85\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_{\text{balance}} &= \frac{0,85 * \beta_1 * f'_c}{f_y} * \frac{600}{600 + f_y} \\ &= \frac{0,85 * 0,85 * 30}{240} * \frac{600}{600 + 240} = 0,0645\end{aligned}$$



$$\begin{aligned}
 \rho_{maks} &= 0,75 * \rho_{balance} \\
 &= 0,75 * 0,0645 = 0,04838 \\
 \rho_{min} &= \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{240} = 0,005833 \\
 A_{s \min} &= 0,002 * b * h \\
 &= 0,002 * 1000 * 130 = 260 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Penulangan tangga dan bordes direncanakan sama untuk masing-masing arah. Dari analisa struktur didapatkan gaya momen terbesar yang digunakan untuk perhitungan tulangan adalah sebagai berikut :

- Arah-X = 478,92 kgm
- Arah-Y = 2383,10 kgm

#### 1. Penulangan arah-X

$$\begin{aligned}
 M_{ux} &= 478,92 \text{ kgm} \\
 &= 4698205,2 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Tinggi efektif } (d_x) &= h - (d' + \frac{1}{2} \phi_x) \\
 &= 130 - (20 + \frac{1}{2} * 8) \\
 &= 106 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_n &= \frac{M_u}{\phi} = \frac{4698205,2}{0,8} \\
 &= 5872756,5 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 a &= \frac{M_n}{0,85 * f'_c * b * d_x^2} = \frac{5872756,5}{0,85 * 30 * 1000 * 106^2} \\
 &= 0,020497
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{perlu} &= \frac{0,85 * f'_c}{f_y} * (1 - \sqrt{1 - 2a}) \\
 &= \frac{0,85 * 30}{240} * (1 - \sqrt{1 - 2 * 0,020497}) = 0,002201
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_s &= \rho * b * d_x \\
 &= 0,002201 * 1000 * 106 = 233,263 \text{ mm}^2 < A_{s \min}
 \end{aligned}$$

$$\text{Dipakai } A_{s \min} = 260 \text{ mm}^2$$

$$S_{maks} = 5 T_{plat} = 5 * 150 = 750 \text{ mm, atau}$$

$$S_{maks} = 500 \text{ mm}$$

$$S = \frac{b}{\left(\frac{A_s}{A_{s1}}\right)} = \frac{1000}{\left(\frac{260}{50,2}\right)}$$

$$= 193 \text{ mm} < S_{\text{maks}} \quad (\text{OK})$$

Untuk tulangan arah-X dipasang  $\varnothing 8 - 175 \text{ mm}$

## 2. Penulangan arah-Y

$$M_{uy} = 2383,1 \text{ kgm}$$

$$= 23378211,0 \text{ Nmm}$$

$$\text{Tinggi efektif } (d_y) = h - (d' + \varnothing_x + \frac{1}{2} \varnothing_y)$$

$$= 130 - (20 + 12 + \frac{1}{2} * 8)$$

$$= 94 \text{ mm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{23378211,0}{0,8}$$

$$= 29222763,75 \text{ Nmm}$$

$$a = \frac{M_n}{0,85 * f'_c * b * d_y^2} = \frac{29222763,75}{0,85 * 30 * 1000 * 94^2}$$

$$= 0,129695$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{0,85 * f'_c}{f_y} * (1 - \sqrt{1 - 2a})$$

$$= \frac{0,85 * 30}{240} * (1 - \sqrt{1 - 2 * 0,129695})$$

$$= 0,0148127$$

$$\rho_{\text{maks}} > \rho_{\text{perlu}}$$

$$A_s = \rho * b * d_y$$

$$= 0,0148127 * 1000 * 94 = 1392,395 \text{ mm}^2 > A_{s \text{ min}}$$

$$\text{Dipakai } A_s = 1392,395 \text{ mm}^2$$

$$S = \frac{b}{\left(\frac{A_s}{A_{s1}}\right)} = \frac{1000}{\left(\frac{1392,395}{113,1}\right)}$$

$$= 81,227 \text{ mm} < S_{\text{maks}} \quad (\text{OK})$$

Untuk tulangan arah-Y dipasang  $\varnothing 12 - 75 \text{ mm}$



### 3.1.6 Rencana Balok Tangga

#### Pembebanan Balok Tangga

##### 1. Pelat Tangga

###### ▪ Beban mati (DL)

$$\begin{aligned}
 - \text{Pelat tangga} &= \frac{0,13}{\cos 42,397^\circ} * \frac{3,5}{2} * 2400 = 739,4 \text{ kg/m'} \\
 - \text{Penutup lantai + adukan (t = 2 cm)} &= 172,2 \text{ kg/m}^2 \\
 - \text{Berat railing tangga} &= 100,0 \text{ kg/m}^2 \\
 \hline
 \text{Total} &= 1011,6 \text{ kg/m'}
 \end{aligned}$$

###### ▪ Beban hidup (LL)

$$\text{Beban hidup} = 500,0 \text{ kg/m}^2 * \frac{3,5 \text{ m}}{2} = 875 \text{ kg/m'}$$

##### 2. Pelat Bordes

###### ▪ Beban Mati (DL)

$$\begin{aligned}
 - \text{Pelat tangga} &= 0,13 * \frac{3,5}{2} * 2400 = 546 \text{ kg/m'} \\
 - \text{Penutup lantai + adukan (t = 2 cm)} &= 90 \text{ kg/m}^2 \\
 - \text{Berat railing tangga} &= 50 \text{ kg/m}^2 \\
 \hline
 \text{Total} &= 686 \text{ kg/m'}
 \end{aligned}$$

Gaya-gaya maksimum yang bekerja pada balok dari output SAP90 adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 \text{▪ Balok bordes :} & \begin{aligned} & - \text{Momen} &= 16381,933 \text{ kgm} \\ & - \text{Lintang} &= 2515,698 \text{ kg} \end{aligned} \\
 \text{▪ Balok tangga :} & \begin{aligned} & - \text{Momen} &= 15036,034 \text{ kgm} \\ & - \text{Lintang} &= 6665,340 \text{ kg} \\ & - \text{Aksial} &= 6586,305 \text{ kg (tekan)} \end{aligned}
 \end{aligned}$$

##### 1. Kontrol Lendutan

$$\begin{aligned}
 q_{\text{total maka}} &= (1011,6 + 875) \text{ kg/m'} \\
 &= 1886,6 \text{ kg/cm'}
 \end{aligned}$$

$$f = \frac{5}{384} * \frac{q_l * L^4}{EI_x} \leq \frac{L}{240} \quad (\text{Balok biasa})$$

$$f = \frac{5}{384} * \frac{18,866 * 720^4}{2 * 10^6 * I_x} \leq \frac{720}{240}$$

$$\frac{33007,9536}{I_x} \leq 3,0$$

$$I_x \geq 11002,65 \text{ cm}^4$$

Dicoba profil WF 300.200.8.12

data profil :  $A = 72,38 \text{ cm}^2$     $r = 18 \text{ cm}$   
 $I_x = 11300 \text{ cm}^4$     $i_y = 4,71 \text{ cm}$

## 2. Kontrol tekuk lokal

### a. Badan penampang

$$\frac{h}{t_w} = \frac{294 - 2 \cdot (18 + 12)}{8} = 29,25$$

$$\lambda_R = \frac{665}{\sqrt{f_y}} = \frac{665}{\sqrt{240}} = 42,95$$

$$\left. \begin{array}{l} \frac{h}{t_w} = 29,25 \\ \lambda_R = 42,95 \end{array} \right\} \frac{h}{t_w} < \lambda_R$$

### b. Sayap penampang

$$\frac{b}{2 t_f} = \frac{200}{2 \cdot 12} = 8,333$$

$$\lambda_R = \frac{250}{\sqrt{f_y}} = \frac{250}{\sqrt{240}} = 16,14$$

$$\left. \begin{array}{l} \frac{b}{2 t_f} = 8,333 \\ \lambda_R = 16,14 \end{array} \right\} \frac{b}{2 t_f} < \lambda_R$$

*Jenis penampang kompak*

## 3. Kontrol tekuk lateral

Sayap balok diasumsikan tidak dapat bergerak karena tersambung kaku dengan pelat lantai melalui shear connector.

Sehingga :  $L_b = 0 \text{ cm}$

$$L_p = 1,76 \cdot i_y \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 1,76 \cdot 4,71 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot 10^5}{240}}$$

$$= 239,3 \text{ cm}$$

$$L_p > L_b \quad (\text{Jenis bentang pendek})$$

Untuk penampang kompak dan bentang pendek kuat lentur nominal penampang ditentukan sebesar :

$$M_n = M_p$$

Dari tabel didapat  $M_{px} = 2008800 \text{ kgcm}$   
 $= 20088,0 \text{ kgm}$

$$\begin{aligned}
 M_u &\leq \phi M_{px} \\
 16381,933 \text{ kgm} &\leq 0,9 * 20088,0 \text{ kgm} \\
 &\leq 18079,2 \text{ kgm} \quad (\text{OK})
 \end{aligned}$$

Kontrol tekan elemen balok

$$\begin{aligned}
 \text{Panjang bentang balok} &= \sqrt{(2,53 \text{ m})^2 + (2,5 \text{ m})^2} \\
 &= 3,557 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\text{Perletakan sendi-bebas nilai } K = 2,0$$

$$\begin{aligned}
 \text{Panjang efektif batang } (L_k) &= 3,557 \text{ m} * 2,0 \\
 &= 7,114 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\lambda = \frac{L_k}{i_y} = \frac{711,4 \text{ cm}}{4,71 \text{ cm}} = 151,04 \leq 200 \quad (\text{OK})$$

$$\begin{aligned}
 \lambda_c &= \frac{\lambda}{\pi} \sqrt{\frac{f_y}{E}} = \frac{151,04}{\pi} \sqrt{\frac{240 \text{ MPa}}{2 * 10^5 \text{ MPa}}} \\
 &= 1,665 \quad (\lambda_c \geq 1,2)
 \end{aligned}$$

$$\omega = 1,25 \lambda_c^2 = 1,25 * 1,665^2 = 3,465$$

$$\begin{aligned}
 P_n &= \frac{A_g * f_y}{\omega} = \frac{72,38 \text{ cm}^2 * 2400 \text{ kg/cm}^2}{3,465} \\
 &= 50129,264 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_u &\leq \phi P_n \\
 6586,305 \text{ kg} &\leq 0,85 * (50129,264 \text{ kg}) \\
 6586,305 \text{ kg} &\leq 42609,875 \text{ kg} \quad (\text{OK})
 \end{aligned}$$

Interaksi lentur-aksial pada balok tangga

$$\begin{aligned}
 \frac{P_u}{\phi P_n} &= \frac{6586,305 \text{ kg}}{42609,875 \text{ kg}} \\
 &= 0,1546 \leq 0,2
 \end{aligned}$$

Sehingga persamaan interaksi :

$$\begin{aligned}
 \frac{P_u}{2\phi P_n} + \left( \frac{M_{ux}}{\phi M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{\phi M_{ny}} \right) &\leq 1,0 \\
 \frac{6586,305 \text{ kg}}{2 * 42609,875 \text{ kg}} + \left( \frac{15036,034 \text{ kgm}}{18079,2 \text{ kgm}} + 0 \right) &\leq 1,0 \\
 0,90896 &\leq 1,0 \quad (\text{OK})
 \end{aligned}$$



#### 4. Kontrol geser penampang

Untuk profil WF

$$\left. \begin{aligned} \frac{h}{t_w} &= \frac{294 - 2 \cdot (18 + 12)}{8} = 29,25 \\ 6,36 \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}} &= 6,36 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot 10^5}{240}} = 183,6 \end{aligned} \right\} \frac{h}{t_w} \leq 6,36 \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

*Tidak memerlukan pengaku vertikal pelat badan*

$$K_n = 5 + \frac{5}{\left(\frac{a}{h}\right)^2} \quad \text{Tidak memakai pengaku vertikal } (K_n = 5)$$

Geser nominal

$$1,10 \cdot \sqrt{\frac{K_n \cdot E}{f_y}} = 1,10 \cdot \sqrt{\frac{5 \cdot 2 \cdot 10^5}{240}} = 71,005$$

$$\therefore \frac{h}{t_w} \leq 1,10 \cdot \sqrt{\frac{K_n \cdot E}{f_y}} \quad \text{Jenis pelat tebal}$$

$$\begin{aligned} \text{maka : } V_n &= 0,6 \cdot f_y \cdot A_w \quad (A_w = d \cdot t_w) \\ &= 0,6 \cdot 2400 \cdot (29,4 \text{ cm} \cdot 0,8 \text{ cm}) \\ &= 33868,8 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$V_u \leq 0,9 \cdot V_n$$

$$6665,340 \text{ kg} \leq 0,9 \cdot 33868,8 \text{ kg}$$

$$6665,340 \text{ kg} \leq 30481,92 \text{ kg} \quad (\text{OK})$$

*Profil balok menggunakan WF 300.200.8.12.*

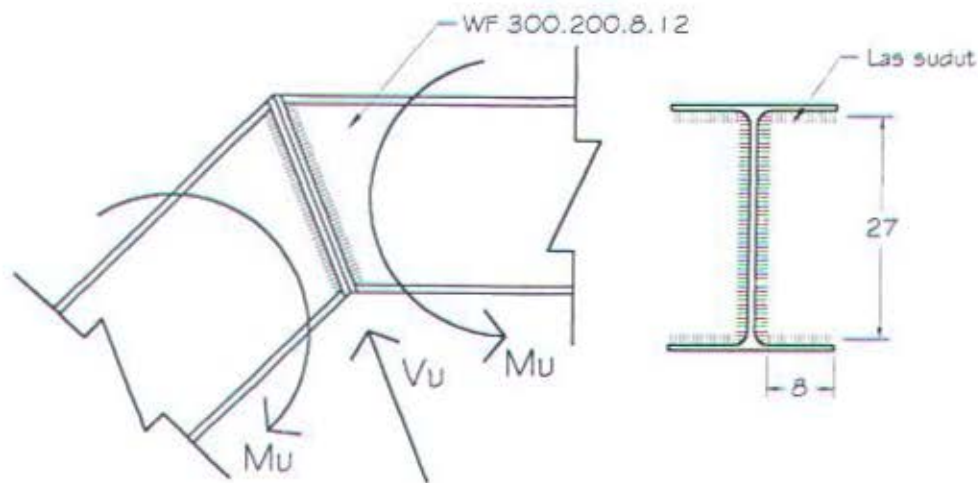
#### 3.1.7 Rencana Sambungan Balok Tangga

Direncanakan sambungan menggunakan las, mutu las E70XX ( $f_{uw} = 70 \text{ ksi} = 4921 \text{ kg/cm}^2$ ) dengan tebal profil minimum  $t = 8 \text{ mm}$  (dari badan balok) dan tebal pelat penyambung  $t = 10 \text{ mm}$ .

Tebal las awal ( $t_{e \text{ awal}}$ ) direncanakan 10 mm

$$A_{\text{las}} = 2 \cdot ((2 \cdot 8 \text{ cm}) + 27 \text{ cm}) = 86 \text{ cm}^2$$

$$\begin{aligned} W &= 2 \left( bd + \frac{d^2}{6} \right) = 2 \cdot \left( 8 \cdot 27 + \frac{27^2}{6} \right) \\ &= 675 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$



Gambar 3.4b Rencana sambungan las

a. Kekuatan las

$$\begin{aligned}\phi_t R_{mv} &= \phi_t t_e (0,6 f_{uw}) \\ &= 0,75 * 1,0 * 0,6 * 4921 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 2214,45 \text{ kg/cm}'\end{aligned}$$

b. Kekuatan bahan dasar

$$\begin{aligned}\phi_t R_{mv} &= \phi_t t_t (0,6 f_u) \quad (t_t \text{ dipakai tebal badan balok}) \\ &= 0,75 * 0,8 \text{ cm} * 0,6 * 3700 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 1332 \text{ kg/cm}'\end{aligned}$$

Digunakan kekuatan las = 1332 kg/cm'

$$f_{vp} = \frac{P_u}{A_{las}} = \frac{2515,698 \text{ kg}}{86 \text{ cm}^2} = 29,2523 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_{hm} = \frac{M_u}{W} = \frac{1503603,4 \text{ kgcm}}{675 \text{ cm}^3} = 2227,5606 \text{ kg/cm}^2$$

$$\begin{aligned}f_{total} &= \sqrt{f_{vp}^2 + f_{hm}^2} \\ &= \sqrt{29,2523^2 + 2227,5606^2} = 2227,7526 \text{ kg/cm}^2\end{aligned}$$

$$t_e \text{ perlu} = \frac{2227,7526 \text{ kg/cm}^2}{2214,45 \text{ kg/cm}'} = 1,006 \text{ cm}$$

$$t_w = \frac{1,006 \text{ cm}}{0,707} = 1,423 \text{ cm} \approx 15 \text{ mm}$$

Dipasang las dengan  $t_w = 15 \text{ mm}$

### 3.2 DESAIN STRUKTUR ATAP

#### 3.2.1 Desain Gording

Direncanakan :

- Penutup atap : seng bergelombang
- Jarak antar gording : 0,94 meter

##### 3.2.1.1 Perhitungan Ukuran Gording

##### Perhitungan Pembebanan

##### 1. Beban mati (DL)

$$\begin{aligned}
 & - \text{Bs gording (perkiraan)} && = 10,0 \text{ kg/m'} \\
 & - \text{Berat penutup atap} &= 11 \cdot 0,94 &= 10,34 \text{ kg/m'} + \\
 & && = 20,34 \text{ kg/m'} \\
 & - \text{Berat alat pengikat } (\pm 10\%) && = 2,04 \text{ kg/m'} + \\
 & && \underline{q_d = 22,38 \text{ kg/m'}}
 \end{aligned}$$

##### 2. Beban hidup ( $P = 100 \text{ kg}$ )

##### 3. Beban terbagi rata (hujan)

$$\begin{aligned}
 R &= (40 - 0,8\alpha) \text{ kg/m}^2 \longrightarrow \alpha_{\text{atap}} = \pm 20^\circ \\
 &= (40 - 0,8 \cdot 20) \text{ kg/m}^2 \\
 &= 24 \text{ kg/m}^2 > 20 \text{ kg/m}^2
 \end{aligned}$$

$$\text{diambil } R = 20 \text{ kg/m}^2$$

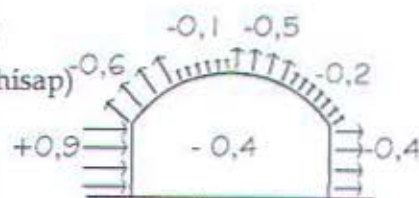
$$\begin{aligned}
 q_r &= 20 \text{ kg/m}^2 \cdot 0,94 \text{ meter} \\
 &= 18,8 \text{ kg/m'}
 \end{aligned}$$

##### 4. Beban angin (W)

$$W = 40 \text{ kg/m}^2 \quad (\beta = 18^\circ)$$

$$Ch = -0,6 \text{ (diambil maksimum hisap)}$$

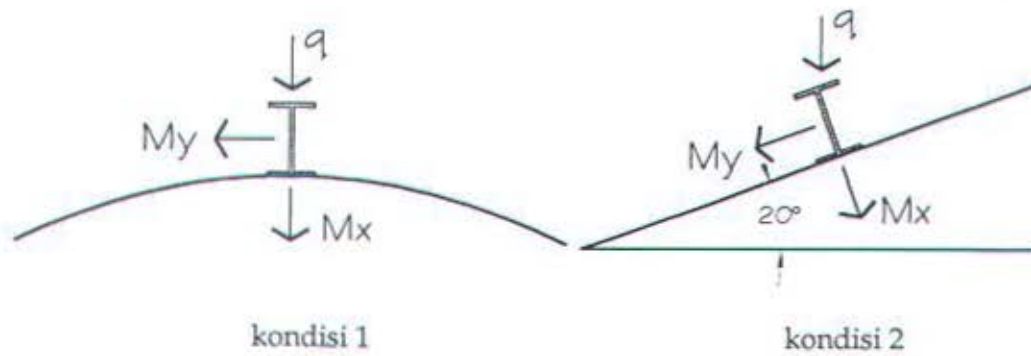
$$\begin{aligned}
 q_w &= 40 \text{ kg/m}^2 \cdot 0,94 \text{ m} \cdot (-0,6) \\
 &= -22,56 \text{ kg/m'} \text{ (hisap)}
 \end{aligned}$$



##### Perhitungan Momen

Kekuatan gording di tinjau terhadap 2 keadaan letak gording (di tengah dan di pinggir)





Gambar 3.5 Penempatan gording

Pada arah-y direncanakan dipasang 2 buah penggantung gording

1. Momen akibat beban mati ( $q$ )

$$\begin{aligned} M_{qx1} &= 1/8 * q_d * L^2 & M_{x2} &= 1/8 * q_d * L^2 * \cos 20^\circ \\ &= 1/8 * 22,38 * 7,2^2 & &= 1/8 * 22,38 * 7,2^2 \cos 20^\circ \\ &= 145,023 \text{ kgm} & &= 136,3 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{qy2} &= 1/8 * 22,38 * (7,2/3)^2 \sin 20^\circ \\ &= 5,51 \text{ kgm} \end{aligned}$$

2. Momen akibat beban hidup ( $P$ )

$$\begin{aligned} M_{px1} &= 1/4 * P * L & M_{px2} &= 1/4 * P * L * \cos 20^\circ \\ &= 1/4 * 100 * 7,2 & &= 1/4 * 100 * 7,2 * \cos 20^\circ \\ &= 180 \text{ kgm} & &= 169,15 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{py2} &= 1/4 * 100 * (7,2/3) * \sin 20^\circ \\ &= 20,52 \text{ kgm} \end{aligned}$$

3. Momen akibat beban hujan ( $R$ )

$$\begin{aligned} M_{rx1} &= 1/8 * q_R * L^2 & M_{rx2} &= 1/8 * (18,8) * \\ &= 1/8 * (18,8) * (7,2)^2 & & (7,2)^2 * \cos 20^\circ \\ &= 121,83 \text{ kgm} & &= 114,48 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{ry2} &= 1/8 * (18,8) * (7,2/3)^2 * \sin 20^\circ \\ &= 11,63 \text{ kgm} \end{aligned}$$

4. Momen akibat beban angin ( $W$ )

$$\begin{aligned} M_{wx1} &= 1/8 * q_w * L^2 & M_{wx2} &= 1/8 * (-22,56) * \\ &= 1/8 * (-22,56) * (7,2)^2 & & (7,2)^2 * \cos 20^\circ \\ &= -146,2 \text{ kgm} & &= -137,37 \text{ kgm} \end{aligned}$$

### Kombinasi Pembebanan

Kombinasi		Kondisi 1	Kondisi 2
1. $1,4 M_q$	$M_x$	203,0322	190,82
	$M_y$	-	7,714
2. $1,2 M_q + 0,5 M_p$	$M_x$	264,0276	248,135
$P > R$	$M_y$	-	16,872
3. $1,2 M_q + 1,6 M_p + 0,8 (M_w)$	$M_x$	345,068	324,304
	$M_y$	-	39,444
4. $1,2 M_q + 1,3 M_w + 0,5 M_p$	$M_x$	73,968	69,554
	$M_y$	-	16,872
5. $1,2 M_d$	$M_x$	174,028	163,56
	$M_y$	-	6,612
6. $0,9 M_d - 1,3 M_w$	$M_x$	-59,539	-55,911

Dari ke-4 kombinasi di atas, diambil kombinasi ke-3 sebagai kombinasi untuk penghitungan kekuatan struktur.

Gaya rencana :

$$\text{Kondisi 1 : } M_{x1} = 345,068 \text{ kgm} \quad M_{y1} = 0 \text{ kgm}$$

$$\text{Kondisi 2 : } M_{x2} = 324,304 \text{ kgm} \quad M_{y2} = 39,444 \text{ kgm}$$

Beban rencana :

$$q = 22,38 \text{ kg/m}' = 0,224 \text{ kg/cm}'$$

$$P = 100 \text{ kg}$$

Kontrol Lendutan

1. Kondisi 1

$$f = \left( \frac{5}{384} \cdot \frac{q_l \cdot L^4}{EI_x} \right) + \left( \frac{1}{48} \cdot \frac{P \cdot L^3}{EI_x} \right) \leq \frac{L}{240} \quad (\text{balok biasa})$$

$$f = \left( \frac{5}{384} \cdot \frac{0,224 \cdot 720^4}{2 \cdot 10^6 \cdot I_x} \right) + \left( \frac{1}{48} \cdot \frac{100 \cdot 720^3}{2 \cdot 10^6 \cdot I_x} \right) \leq \frac{720}{240}$$

$$\frac{391,9104}{I_x} + \frac{388,8}{I_x} \leq 3$$

$$I_x \geq \frac{391,9104 + 388,8}{3}$$

$$I_x \geq 260,24 \text{ cm}^4$$

## 2. Kondisi 2

$$q_x = q \cos \alpha = q \cos 20^\circ$$

$$= 0,2103 \text{ kg/m'}$$

$$q_y = q \sin \alpha = 0,0765 \text{ kg/m'}$$

$$P_x = P \cos \alpha = 93,9693 \text{ kg/m'}$$

$$P_y = P \sin \alpha = 34,2020$$

Lendutan arah-X

$$f_x = \left( \frac{5}{384} \cdot \frac{0,21 \cdot 720^4}{2 \cdot 10^6 \cdot I_x} \right) + \left( \frac{1}{48} \cdot \frac{93,97 \cdot 720^3}{2 \cdot 10^6 \cdot I_x} \right) \leq \frac{720}{240}$$

$$\frac{367,941}{I_x} + \frac{365,353}{I_x} \leq 3 \text{ cm}$$

$$I_x \geq 244,431 \text{ cm}^4$$

Lendutan arah-Y

$$f_y = \left( \frac{5}{384} \cdot \frac{q_t \cdot \left(\frac{L}{3}\right)^4}{EI_y} \right) + \left( \frac{1}{48} \cdot \frac{P \cdot \left(\frac{L}{3}\right)^3}{EI_y} \right) \leq \frac{L/3}{240}$$

$$f_y = \left( \frac{5}{384} \cdot \frac{0,077 \cdot \left(\frac{720}{3}\right)^4}{2 \cdot 10^6 \cdot I_y} \right) + \left( \frac{1}{48} \cdot \frac{34,2 \cdot \left(\frac{720}{3}\right)^3}{2 \cdot 10^6 \cdot I_y} \right) \leq \frac{720/3}{240}$$

$$\frac{1,6524}{I_y} + \frac{4,925}{I_y} \leq 1$$

$$I_y \geq 6,578 \text{ cm}^4$$

Dicoba memakai profil WF.125.60.6.8

$$\text{data profil : } A = 16,84 \text{ cm}^2 \quad r = 9,0 \text{ cm}$$

$$q = 13,2 \text{ kg/m'}$$

$$i_x = 4,95 \text{ cm} \quad i_y = 1,32 \text{ cm}$$

Karena berat perkiraan profil gording lebih kecil daripada berat gording rencana, maka momen dihitung ulang.

Kontrol Lendutan Aktual

$$\text{- Berat gording} = 13,2 \text{ kg/m'}$$

$$\text{- Penutup atap} = 11 \text{ kg/m}^2 \cdot 0,94 \text{ m} = 10,34 \text{ kg/m'}$$


---


$$= 23,54 \text{ kg/m'}$$



$$\begin{aligned}
 M_{uy} &\leq 0,9 M_{py} \\
 39,444 \text{ kgm} &\leq 0,9 * 350,28 \text{ kgm} \\
 &\leq 315,252 \text{ kgm} \quad (\text{OK})
 \end{aligned}$$

Struktur pada arah-y mengalami beban kombinasi

$$\frac{P_u}{2\phi P_u} = 0 < 0,2 \text{ maka :}$$

$$\begin{aligned}
 \frac{P_u}{2\phi P_u} + \left( \frac{M_{ux}}{\phi_b M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{\phi_b M_{ny}} \right) &\leq 1,0 \\
 0 + \left( \frac{324,304}{0,9 * 1821,64} + \frac{39,444}{0,9 * 350,28} \right) &\leq 1,0 \\
 0,3229 &\leq 1,0 \quad (\text{OK})
 \end{aligned}$$

Kontrol Geser Penampang

Untuk profil WF

$$\begin{aligned}
 \frac{h}{t_w} &= \frac{125 - 2 * (8 + 9)}{6} = 15,2 \\
 6,36 * \sqrt{\frac{E}{f_y}} &= 6,36 * \sqrt{\frac{2 * 10^5}{240}} = 183,6 \quad \left. \vphantom{\frac{h}{t_w}} \right\} \frac{h}{t_w} \leq 6,36 * \sqrt{\frac{E}{f_y}}
 \end{aligned}$$

*Tidak memerlukan pengaku vertikal pelat badan*

$$K_n = 5 + \frac{5}{\left(\frac{a}{h}\right)^2} \quad \text{Tidak memakai pengaku vertikal } (K_n = 5)$$

Geser nominal

$$1,10 * \sqrt{\frac{K_n * E}{f_y}} = 1,10 * \sqrt{\frac{5 * 2 * 10^5}{240}} = 71,005$$

$$\therefore \frac{h}{t_w} \leq 1,10 * \sqrt{\frac{K_n * E}{f_y}} \quad \text{Jenis pelat tebal}$$

$$\begin{aligned}
 \text{maka : } V_n &= 0,6 * f_y * A_w \quad (A_w = d t_w) \\
 &= 0,6 * 2400 * (12,5 * 0,6) \\
 &= 10800 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$q_{\text{total}} = 1,2 * (25,9) + 0,8 * (-22,56) = 13,032 \text{ kg/m'}$$

$$P_{\text{total}} = 1,6 * 100 = 160,0 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} V_u &= R_a = R_b \\ &= \frac{1}{2} * (q_l + P) \\ &= \frac{1}{2} * (13,032 * 7,2 + 160) = 126,91 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$V_u \leq 0,9 * V_n$$

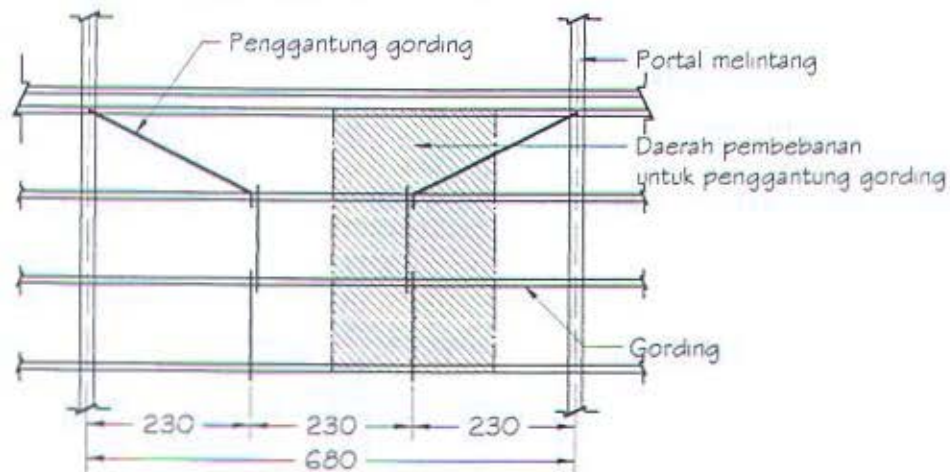
$$126,91 \text{ kg} \leq 0,9 * 10800 \text{ kg}$$

$$126,91 \text{ kg} \leq 9720 \text{ kg} \quad (\text{OK})$$

*Profil WF 125.60.6.8 dapat digunakan untuk elemen gording.*

### 3.2.2 Desain Penggantung gording

Penggantung gording dipasang untuk mengurangi momen yang timbul pada sumbu lemah (sumbu y)



*Gambar 3.7 Pembebanan penggantung gording*

#### 1. Pembebanan

##### a. beban mati

$$\begin{aligned} q_y &= g * \sin \alpha & q &= 25,9 \text{ kg/m' (dari pembebanan atap)} \\ &= 25,9 \text{ kg/m' * } \sin 20^\circ \end{aligned}$$

$$w_1 = q_y * L_y = 8,858 * (7,20/3) = 21,26 \text{ kg}$$

Jumlah gording yang di gantung 21 buah, karena gording tepi atas dan bawah menahan  $\frac{1}{2}$  beban maka jumlah gording yang di perhitungkan sebanyak 20 buah

$$w_{1 \text{ total}} = 20 * 21,26 \text{ kg} = 425,20 \text{ kg}$$

b. beban hidup (yang diperhitungkan akibat hujan)

$$R = 20 \text{ kg/m}^2$$

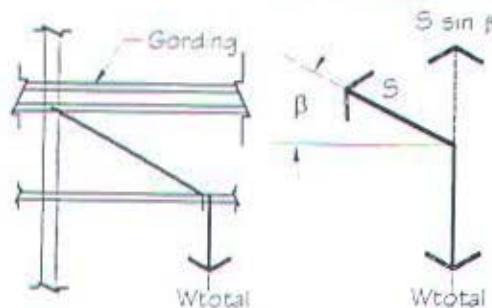
$$q_r = 20 * 0,94 \text{ meter} = 18,8 \text{ kg/m'}$$

$$q_{ry} = 18,8 \text{ kg/m' * sin } 20^\circ = 6,43 \text{ kg/m'}$$

$$W_{2 \text{ total}} = 20 * \sin 20^\circ * (7,2/3) * 20 = 308,64 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} W_{\text{total}} &= 1,2 * w_{1 \text{ total}} + 1,6 * w_{2 \text{ total}} \\ &= 1,2 * (425,20) + 1,6 * (308,64) \\ &= 1004,064 \text{ kg} \end{aligned}$$

Keseimbangan gaya penggantung



$$\begin{aligned} \Sigma V &= 0 \\ W_{\text{total}} &= S \sin \beta \\ S &= \frac{W_{\text{total}}}{\sin \beta} = \frac{1004,16}{\sin 21,4^\circ} \\ &= 2752,052 \text{ kg} \end{aligned}$$

Desain batang tarik

Direncanakan menggunakan batang bulat mutu baja BJ. 37

$$f_u = 3700 \text{ kg/cm}^2$$

$$T_u = 2752,052 \text{ kg}$$

$$T_d = \phi_t 0,75 f_u A_g, \quad \phi_t = 0,75$$

$$\begin{aligned} A_g &= \frac{T_d}{\phi_t * 0,75 * f_u} = \frac{2752,052 \text{ kg}}{0,75 * 0,75 * 3700} \\ &= 1,3223 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$A = \frac{1}{4} * \pi * d^2$$

$$1,3223 \text{ cm}^2 = \frac{1}{4} * \pi * d^2$$

$$\begin{aligned} d &= 1,2975 \text{ cm} = 12,975 \text{ mm} \\ &\approx 14 \text{ mm} \end{aligned}$$

Kontrol kelangsingan

$$d > \frac{\text{panjang penggantung gording}}{500}$$

$$14 \text{ mm} > \frac{940 / \cos 20^\circ}{500}$$

$$> 2 \text{ mm}$$

(OK)



### Sambungan gording

Sambungan pada gording menggunakan las sudut, dengan menggunakan mutu las E70XX yang mempunyai  $f_u = 70$  ksi.

- $f_{uw} = 4921 \text{ kg/cm}^2$  (1 ksi = 70,31 kg/cm<sup>2</sup>)
- $f_u = 3700 \text{ kg/cm}^2$

Tebal kaki las minimum :

- Pelat pengisi  $t = 8 \text{ mm} \rightarrow t_{\text{las min}} = 4 \text{ mm}$
- Profil penyangga  $t = 7 \text{ mm} \rightarrow t_{\text{las min}} = 3 \text{ mm}$

Dari pembebanan atap

$$q_d = 25,9 \text{ kg/m'} \quad L_{ka} = 7,2 \text{ meter}$$

$$p = 100 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} \text{sehingga : } W &= 1,2 * (q_d * L_{ka}) + 1,6 * P \\ &= 1,2 * (25,9 * 7,2) + 1,6 * 100 \\ &= 383,776 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} W \sin \alpha &= 383,776 * \sin 20^\circ \\ &= 131,259 \text{ kg} \end{aligned}$$

Kuat nominal las

$$\begin{aligned} \phi_f R_{mv} &= \phi_f t_e (0,6 f_{uw}) \quad (t_e \text{ dipakai tebal las minimum}) \\ &= 0,75 * 0,3 \text{ cm} * 0,6 * 4921 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 664,335 \text{ kg/m'} \end{aligned}$$

Kekuatan bahan dasar

$$\begin{aligned} \phi_f R_{mv} &= \phi_f t_t (0,6 f_u) \quad (t_t \text{ dipakai tebal badan balok}) \\ &= 0,75 * 0,7 \text{ cm} * 0,6 * 3700 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 1165,5 \text{ kg/m'} \end{aligned}$$

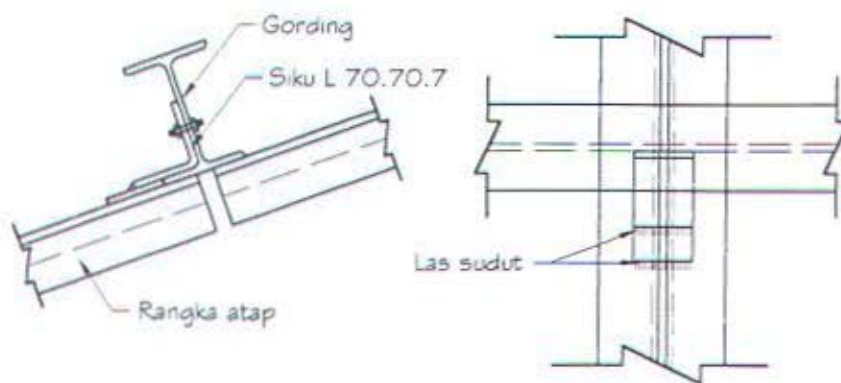
$$\text{Digunakan kekuatan las} = 664,335 \text{ kg/cm'}$$

$$\begin{aligned} \text{Panjang las perlu } (L_e) &= \frac{P}{\phi R_{mv}} = \frac{131,259 \text{ kg}}{664,335 \text{ kg}} \\ &= 0,198 \text{ cm} \\ &\approx 1,50 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\text{Tebal las} = a * 0,707$$

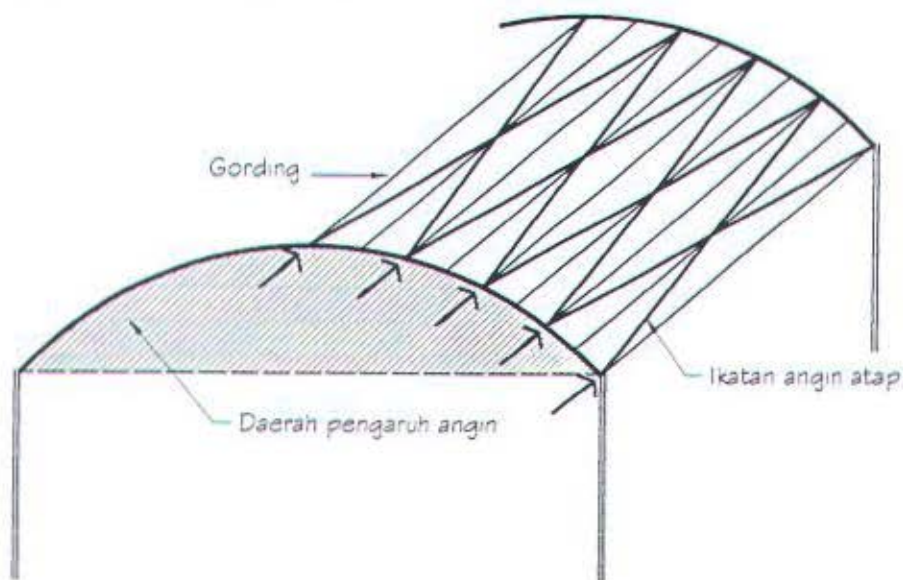
$$a = \frac{3 \text{ mm}}{0,707} = 4,243 \text{ mm}$$

*Las di bagi merata pada sisi profil penyanggung*



Gambar 3.8 Penempatan sambungan las gording

### 3.2.3 Desain Ikatan Angin Atap



Gambar 3.9 Daerah pengaruh angin yang diperhitungkan

$$R_a = R_1 + R_2 + \dots + R_6$$

= Luas bidang x tekanan angin

$$\text{Tekanan angin (W)} = 40 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Koefisien angin (C)} = 0,9$$

$$F = W * C$$

$$= 40 \text{ kg/m}^2 * 0,9 = 36 \text{ kg/m}^2$$

Luas bidang kontak dengan angin

A = daerah yang terasir

$$= 2/3 * (5,22 \text{ m} * 37,5/2 \text{ m}) = 65,25 \text{ m}^2$$

Sehingga :

$$R_a = 65,25 \text{ m}^2 * 36 \text{ kg/m}^2 = 2349 \text{ kg}$$

$$\text{tg } \alpha = \frac{3,75}{7,5} = 0,52083$$

$$\alpha = 27,51^\circ$$

$$\Sigma V = 0$$

$$S_1 \cos \alpha = R_a$$

$$S_1 = \frac{2349 \text{ kg}}{\cos 27,51^\circ}$$

$$= 2648 \text{ kg (tekan)}$$



Desain batang tekan

▪ beban terfaktor  $S = 1,3 * S_1$

$$= 1,3 * 2648 = 3742,4 \text{ kg}$$

$$A_g = \frac{S}{0,9 * f_y} = \frac{3742,4 \text{ kg}}{0,9 * 2400 \text{ kg/cm}^2} = 1,7326 \text{ cm}^2$$

$$A_g = \frac{S}{0,9 * f_u} = \frac{3742,4 \text{ kg}}{0,9 * 3700 \text{ kg/cm}^2} = 1,3486 \text{ cm}^2$$

Direncanakan menggunakan batang dengan sistem ulir (dibaut ujungnya)

$$A_g = \frac{1}{4} * \pi * d^2 \longrightarrow d = \sqrt{\frac{4 * (1,7326)}{\pi}} = 1,485 \text{ cm}$$

karena ada ulir maka  $d_{\text{perlu}} = d / \phi$  ( $\phi = 0,75$ )

$$d_{\text{perlu}} = \frac{1,485}{0,75} = 1,98 \text{ cm}$$

dipakai batang (rod)  $\varnothing = 20 \text{ mm}$

Kontrol kelangsingan

$$d > \frac{\text{panjang batang}}{500}$$

$$\text{Panjang batang} = \sqrt{720^2 + 375^2} = 811,8 \text{ cm}$$

$$20 \text{ mm} > \frac{8118 \text{ mm}}{500}$$

$$> 16,236 \text{ mm (OK)}$$



### 3.2.4 Desain Rangka Atap

#### Perhitungan Pembebanan

##### 1. Beban Mati (D)

$$q_d = 25,9 \text{ kg/m'}$$

$$\begin{aligned} P_{qd1} &= \text{beban terpusat titik tengah rangka tengah} \\ &= 25,9 \text{ kg/m' * 7,2 m} = 186,48 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_{qd2} &= \text{beban terpusat titik ujung rangka pinggir} \\ &= 25,9 \text{ kg/m' * (1/2 * 7,2 m)} = 93,24 \text{ kg} \end{aligned}$$

##### 2. Beban Hidup (R)

Untuk desain rangka kuda-kuda digunakan beban merata dari air hujan

$$q_r = 18,8 \text{ kg/m'}$$

$$\begin{aligned} P_{qr1} &= \text{beban terpusat titik tengah rangka tengah} \\ &= 18,8 \text{ kg/m' * 7,2 m} = 135,36 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_{qr2} &= \text{beban terpusat titik tengah rangka pinggir} \\ &= 18,8 \text{ kg/m' * (1/2 * 7,2 m)} = 67,68 \text{ kg} \end{aligned}$$

##### 3. Beban Angin (W)

$$\text{Tekanan angin} = 40 \text{ kg/m}^2$$

$$\begin{aligned} q_{w1} &= -0,6 * 40 \text{ kg/m}^2 * 0,94 \text{ m} \\ &= -22,56 \text{ kg/m' } (\alpha = 10^\circ) \end{aligned}$$

$$q_{w1z} = 22,56 \text{ kg/m' * } \cos 10^\circ = 22,22 \text{ kg/m'}$$

$$q_{w1x} = 22,56 \text{ kg/m' * } \sin 10^\circ = 3,92 \text{ kg/m'}$$

$$P_{w1z} = 22,22 \text{ kg/m' * 7,2 m} = 160 \text{ kg}$$

$$P_{w1x} = 3,92 \text{ kg/m' * 7,2 m} = 28,3 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} q_{w2} &= -0,1 * 40 \text{ kg/m}^2 * 0,94 \text{ m} \\ &= -3,76 \text{ kg/m' } (\alpha = 0^\circ) \end{aligned}$$

$$q_{w2z} = 3,76 \text{ kg/m' * } \cos 0^\circ = 3,76 \text{ kg/m'}$$

$$q_{w2x} = 3,76 \text{ kg/m' * } \sin 0^\circ = 0,00 \text{ kg/m'}$$

$$P_{w2z} = 3,76 \text{ kg/m' * 7,2 m} = 27,07 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} q_{w3} &= -0,5 * 40 \text{ kg/m}^2 * 0,94 \text{ m} \\ &= -18,80 \text{ kg/m' } (\alpha = 0^\circ) \end{aligned}$$

$$q_{w3z} = 18,80 \text{ kg/m' * } \cos 0^\circ = 18,80 \text{ kg/m'}$$

$$\begin{aligned}
 q_{w3x} &= 18,80 \text{ kg/m}' * \sin 0^\circ &= 0,00 \text{ kg/m}' \\
 P_{w3z} &= 18,80 \text{ kg/m}' * 7,2 \text{ m} &= 135,36 \text{ kg} \\
 q_{w4} &= -0,2 * 40 \text{ kg/m}^2 * 0,94 \text{ m} \\
 &= -7,52 \text{ kg/m}' &(\alpha = 10^\circ) \\
 q_{w4z} &= 7,52 \text{ kg/m}' * \cos 10^\circ &= 7,41 \text{ kg/m}' \\
 q_{w4x} &= 7,52 \text{ kg/m}' * \sin 10^\circ &= 1,31 \text{ kg/m}' \\
 P_{w1z} &= 7,41 \text{ kg/m}' * 7,2 \text{ m} &= 53,35 \text{ kg} \\
 P_{w1x} &= 1,31 \text{ kg/m}' * 7,2 \text{ m} &= 9,43 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

#### Perhitungan Ukuran Batang

Dari hasil SAP90 didapat gaya-gaya maksimum yang terjadi (dari kombinasi 6) adalah sebagai berikut :

Tabel 3.1  
GAYA-GAYA MAKSIMUM BATANG

No.	Jenis Batang	Besar Gaya (kg)			
		Tekan (-)	Nomor	Tarik (+)	Nomor
I. Portal Melintang					
1	Batang atas	29573,031	657	5688,301	672
2	Batang bawah	41533,801	632	-	-
3	Batang tegak	736,180	683	3503,298	697
4	Batang diagonal	8116,474	747	7056,172	748
5	Btg. penggantung	-	-	3466,835	369
6	Btg. pertemuan	-	-	3503,298	697
II. Portal Memanjang					
1	Batang atas	10470,392	1662	11218,977	2007
2	Batang bawah	14848,615	2006	6714,121	1954
3	Batang tegak	100,560	1973	34,272	1920
4	Batang diagonal	5168,053	2017	5255,028	2018

#### Desain Profil Batang

Sambungan untuk rangka menggunakan sambungan baut dengan baut mutu BJ 50 ( $f_u = 5000 \text{ kg/cm}^2$ ), dan baja profil menggunakan mutu BJ 37 ( $f_u = 3700 \text{ kg/cm}^2$ ).

## 1. Batang tarik (batang diagonal portal melintang)

Gaya tarik batang  $S = P_u = 7056,172 \text{ kg}$ 

- Berdasarkan kekuatan leleh

$$P_{u1} = \phi * f_y * A_{gp1}$$

$$A_{gp1} = \frac{P_u}{\phi * f_y} = \frac{7056,172 \text{ kg}}{0,9 * 2400 \text{ kg/cm}^2} = 3,267 \text{ cm}^2$$

- Berdasarkan kekuatan patah

Perkiraan awal  $A_n = 0,85 A_g$  dan nilai diambil  $U = 0,85$ 

$$P_{u2} = \phi * f_u * A_e \quad (A_e = A_n * U)$$

$$A_{gp2} = \frac{P_u}{\phi f_u * 0,85 * U} = \frac{7056,172 \text{ kg}}{0,75 * 3700 \text{ kg/cm}^2 * 0,85 * 0,85} = 3,52 \text{ cm}^2$$

$$A_{gp1} > A_{gp2} \quad (\text{dipakai } A_{gp1} = 3,52 \text{ cm}^2)$$

$$\text{Luas 1 profil} = 1,76 \text{ cm}^2$$

$$I_{kira} \geq \frac{L}{200}, \quad L = 156 \text{ cm}$$

$$\geq \frac{156 \text{ cm}}{200} \longrightarrow i_{kira} \geq 0,78 \text{ cm}$$

Dari data di atas dipilih profil  $\text{JL } 50.50.5$ Dengan data profil :  $e = 1,4 \text{ cm}$ ,  $i = 1,51 \text{ cm}$  $A = 4,8 \text{ cm}^2$  (untuk 1 profil)

Desain sambungan batang tarik

Direncanakan :

- pada bidang geser baut tidak ada ulir ( $r_1 = 0,5$ )
- $\phi_{\text{baut}} = 12 \text{ mm}$  ( $A_g = 1,131 \text{ cm}^2$ )

## a. Kuat geser baut

$$V_{dg} = \phi_f m r_1 f_u A_g$$

$$V_{dg} = 0,75 * 2 * 0,5 * 5000 * 1,131 = 4241,15 \text{ kg}$$

## b. Kuat tumpu

$$V_{dt} = \phi_f 2,4 d_b t_p f_u$$

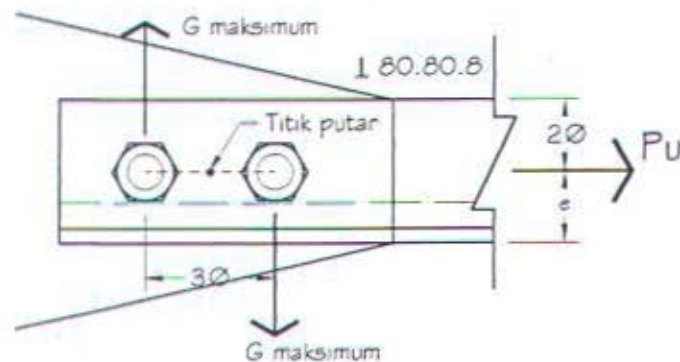
$$= 0,75 * 2,4 * 1,2 * 1,0 * 3700 = 7992 \text{ kg}$$

$$V_{dg} < V_{dt} \quad (\text{digunakan } V_{dg} = 4241,15 \text{ kg})$$



$$n = \frac{P_u}{V_{dg}} = \frac{7056,172 \text{ kg}}{4241,15 \text{ kg}} = 1,664 \text{ buah}$$

$$\approx 2 \text{ buah}$$



Gambar 3.10 Rencana penempatan baut

$$e_{akt} = 50 - (14 + 24) = 12 \text{ mm}$$

$$M_u = P_u \cdot e_{akt}$$

$$= 7056,172 \text{ kg} \cdot 12 \text{ mm} = 84674,064 \text{ kgmm}$$

Penambahan gaya geser akibat momen.

$$G_{maks} = G_3 = \frac{M \cdot d_{maks}}{\sum d^2}, \quad d_{maks} = 1,5 \phi_{baut} = 18 \text{ mm}$$

$$\sum d^2 = 2 \cdot 18^2 = 648 \text{ mm}^2$$

$$G_{maks} = G_3 = \frac{84674,064 \text{ kgmm} \cdot 18 \text{ mm}}{648 \text{ mm}^2}$$

$$= 2352,06 \text{ kg}$$

$$G_{resultan} = \sqrt{\left(\frac{7056,172 \text{ kg}}{2}\right)^2 + 2352,06^2}$$

$$= 4240,23 \text{ kg/cm}^2 \leq V_{dg} = 4241,15 \text{ kg/cm}^2 \quad (\text{OK})$$

$$\phi_{lub.} = 1,2 \text{ cm} + 0,16 \text{ cm} \text{ (lubang dibuat dengan bor)}$$

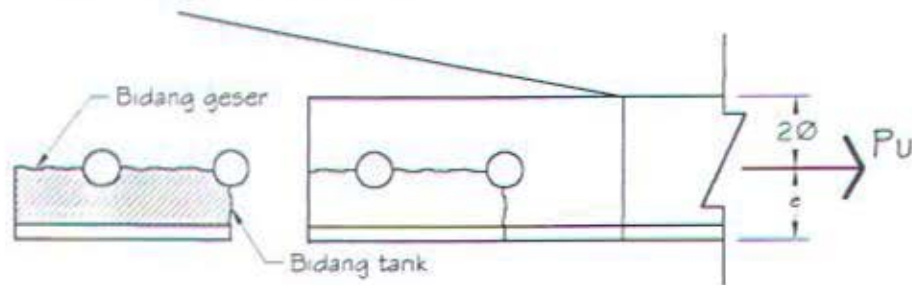
$$= 1,36 \text{ mm}$$

$$A_{lub.} = \phi_{lub.} \cdot t_p = 1,36 \text{ cm} \cdot 0,5 \text{ cm} = 0,68 \text{ cm}^2$$

$$\% A_{lub.} = \frac{0,68 \text{ cm}^2}{4,8 \text{ cm}^2} \cdot 100$$

$$= 14,167 \% < 15\% \quad (\text{OK})$$

## Kontrol kekuatan profil aktual



Gambar 3.11 Block Shear

## Kekuatan leleh

$$\begin{aligned}
 P_{n1} &= \phi * f_y * A_{gp1} \\
 &= 0,9 * 2400 \text{ kg/cm}^2 * (2 * 4,8 \text{ cm}^2) \\
 &= 20736,0 \text{ kg} \geq P_u = 7056,172 \text{ kg} \quad (\text{OK})
 \end{aligned}$$

## Kekuatan patah

$$L = 3\phi_{\text{baut}} = 36 \text{ mm}$$

$$U = 1 - \frac{\bar{x}}{L} = 1 - \frac{14}{36} = 0,611 < 0,9$$

$$\begin{aligned}
 P_{u2} &= \phi * f_u * A_e \quad (A_e = A_n * U) \\
 &= 0,75 * 3700 \text{ kg/cm}^2 * (2 * (4,8 - 0,68) \text{ cm}^2 * 0,611) \\
 &= 13971,126 \text{ kg} \geq P_u = 7056,172 \text{ kg} \quad (\text{OK})
 \end{aligned}$$

## Kontrol Block Shear

$$\begin{aligned}
 A_{gu} &= 60 * 5 & A_{nu} &= (60 - 1,5 \phi_{\text{lub.}}) * 5 \\
 &= 300 \text{ mm}^2 & &= (60 - 1,5 * 13,6) * 5 = 198 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_{gt} &= (50 - 24) * 5 & A_{nt} &= ((50 - 24) - \frac{1}{2} \phi_{\text{lub.}}) * 5 \\
 &= 130 \text{ mm}^2 & &= (26 - \frac{1}{2} 13,6) * 5 = 96 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$f_u * A_{nt} = 3700 \text{ kg/cm}^2 * 0,96 \text{ cm}^2 = 3552 \text{ kg}$$

$$0,6 * f_u * A_{nu} = 0,6 * 3700 \text{ kg/cm}^2 * 1,98 \text{ cm}^2 = 4395,6 \text{ kg}$$

$$f_u * A_{nt} \leq 0,6 * f_u * A_{nu} \quad (\text{leleh tarik dan patah geser})$$

$$\phi R_n = \phi (0,6 f_u A_{nu} + f_y A_{gt}) \quad (\text{untuk profil tunggal})$$

$$= 2 * [0,75 * (4395,6 + 2400 \text{ kg/cm}^2 * 1,3 \text{ cm}^2)]$$

$$= 11273,4 \text{ kg} \geq P_u \quad (\text{OK})$$

Profil  $\angle 50.50.5$  dapat digunakan sebagai batang tarik

2. Batang tekan (batang bawah portal melintang)

Gaya tekan batang  $S = P_u = 41533,801 \text{ kg}$

$$L_k = L = 100 \text{ cm}$$

$$\lambda = \frac{L_k}{i} < 200 \quad (\text{direncanakan } \lambda = 100)$$

$$i_{\text{kira}} = \frac{L_k}{\lambda} = \frac{100 \text{ cm}}{100} = 1,0 \text{ cm}$$

Dicoba menggunakan profil  $\text{JL } 80.80.8$

data profil :  $A = 12,3 \text{ cm}$   $I_x, I_y = 72,3 \text{ cm}^4$

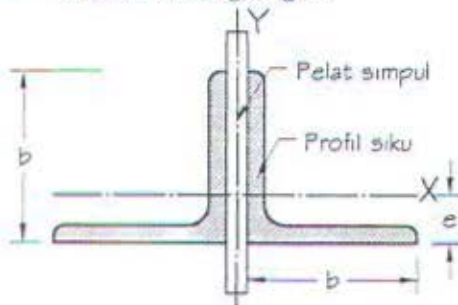
$i_x, i_y = 2,42 \text{ cm}$   $e = 2,26 \text{ cm}$

▪ Kontrol pelat badan

$$\frac{b}{t} = \frac{80}{8} = 10,0$$

$$\lambda_R = \frac{250}{\sqrt{f_y}} = \frac{250}{\sqrt{240}} = 16,14 \quad \left. \vphantom{\lambda_R} \right\} \frac{b}{t} < \lambda_R$$

▪ Kontrol kelangsingan



$$\begin{aligned} \lambda_x &= \frac{L_{kx}}{i_x} \\ &= \frac{100 \text{ cm}}{2,42} \\ &= 41,322 \end{aligned}$$

Gambar 3.12 Siku rangkap

$L_{ky} = 2L = 200 \text{ cm}$  (karena pengkakuan pada arah-y rangka batang diambil sama dengan jarak ikatan angin).

$$\begin{aligned} I_{yJL} &= 2 * (I_{yL} + A_L * e^2) \\ &= 2 * (72,3 + 12,3 * 2,26^2) = 331,993 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

$$A_{JL} = 2 * 12,3 \text{ cm}^2 = 24,6 \text{ cm}^2$$

$$i = \sqrt{\frac{I_{yJL}}{A_{JL}}} = \sqrt{\frac{331,993}{24,6}} = 3,6736 \text{ cm}$$

$$\lambda_y = \lambda_y = \frac{L_{ky}}{i_y} = \frac{200 \text{ cm}}{3,67} = 54,496$$

$$\lambda_y \geq \lambda_x \text{ (dipakai } \lambda_y = 54,496)$$



$$\lambda_c = \frac{\lambda}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_y}{E}} = \frac{54,496}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{240}{2 \cdot 10^5}} = 0,6009$$

$$0,25 < \lambda_c < 1,2$$

$$\omega = \frac{1,43}{1,6 - 0,67 \cdot \lambda_c} = \frac{1,43}{1,6 - 0,67 \cdot 0,6009}$$

$$= 1,1942$$

$$P_n = \frac{A_g \cdot f_y}{\omega} = \frac{(2 \cdot 12,3) \cdot 2400 \text{ kg/cm}^2}{1,1942}$$

$$= 49438,955 \text{ kg}$$

$$P_u \leq \phi P_n$$

$$41533,801 \text{ kg} \leq 0,85 \cdot 49438,955 \text{ kg}$$

$$41533,801 \text{ kg} \leq 42023,112 \text{ kg} \quad (\text{OK})$$

Profil  $\angle 80.80.8$  dapat digunakan sebagai batang tekan.

Desain sambungan batang tekan

Direncanakan :

- pada bidang geser baut tidak ada ulir ( $r_1 = 0,5$ )
- $\phi_{\text{baut}} = 20 \text{ mm}$  ( $A_g = 3,14 \text{ cm}^2$ )

a. Kuat geser baut

$$V_{dg} = \phi_t m r_1 f_u A_g$$

$$V_{dg} = 0,75 \cdot 2 \cdot 0,5 \cdot 5000 \text{ kg/cm}^2 \cdot 3,14 \text{ cm}^2$$

$$= 11775 \text{ kg}$$

b. Kuat tumpu

$$V_{dt} = \phi_t 2,4 d_b t_p f_u$$

$$= 0,75 \cdot 2,4 \cdot 2,0 \text{ cm} \cdot 1,0 \text{ cm} \cdot 3700 \text{ kg/cm}^2$$

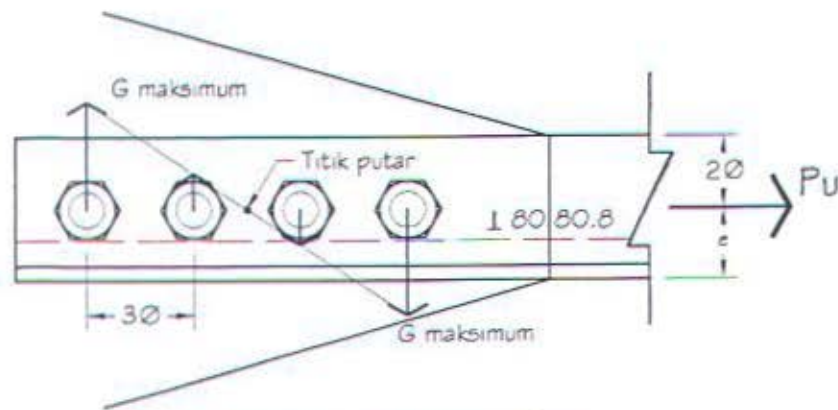
$$= 13320 \text{ kg}$$

$$V_{dg} < V_{dt} \quad (\text{digunakan } V_{dg} = 11775 \text{ kg})$$

$$n = \frac{P_u}{V_{dg}} = \frac{41533,801 \text{ kg}}{11775 \text{ kg}}$$

$$= 3,527 \text{ buah}$$

$$\approx 4 \text{ buah}$$



Gambar 3.13 Rencana penempatan baut

$$e_{akt} = 80 - (22,6 + 40) = 17,4 \text{ mm}$$

$$M_u = P_u \cdot e_{akt}$$

$$= 41533,801 \text{ kg} \cdot 17,4 \text{ mm} = 722688,14 \text{ kgmm}$$

Penambahan gaya geser akibat momen.

$$G_{maks} = G_3 = \frac{M \cdot d_{maks}}{\sum d^2}, \quad d_{maks} = 4,5 \varnothing_{baut} = 90 \text{ mm}$$

$$\sum d^2 = 2 \cdot (30^2 + 90^2) = 18000 \text{ mm}^2$$

$$G_{maks} = G_3 = \frac{722688,14 \text{ kgmm} \cdot 90 \text{ mm}}{18000 \text{ mm}^2}$$

$$= 3613,44 \text{ kg}$$

$$G_{resultan} = \sqrt{\left(\frac{41533,801 \text{ kg}}{4}\right)^2 + 3613,44^2}$$

$$= 10994,23 \text{ kg/cm}^2 \leq V_{dg} = 11775 \text{ kg/cm}^2 \text{ (OK)}$$

$$\varnothing_{lub.} = 2 \text{ cm} + 0,16 \text{ cm} \quad (\text{lubang dibuat dengan bor})$$

$$= 2,16 \text{ mm}$$

$$A_{lub.} = \varnothing_{lub.} \cdot t_p = 2,16 \text{ cm} \cdot 0,8 \text{ cm} = 1,728 \text{ cm}^2$$

$$\% A_{lub.} = \frac{1,728 \text{ cm}^2}{12,3 \text{ cm}^2} \cdot 100$$

$$= 14,045 \% < 15 \% \text{ (OK)}$$

Untuk perhitungan batang lainnya ditabelkan

**Tabel 3.2**  
**DESAIN ELEMEN TARIK RANGKA BATANG**

No.	Letak Batang	$P_u$ (kg)	$P_f$ Bat (cm)	Luas Bruto		$i_{kua}$ (cm)	Data Rencana Profil			Sambungan Baut			Gaya Tambahan				P <sub>aktual</sub>		Block Shear			
				$A_{gp1}$ (cm <sup>2</sup> )	$A_{gp2}$ (cm <sup>2</sup> )		Profil	$A_{tungan}$ (cm <sup>2</sup> )	$i_x, i_y$ (cm)	$\phi$ baut (mm)	$V_{dg}$ (kg)	$V_{dt}$ (kg)	n	$M_u$ (kgmm)	$G_{maks}$ (kg)	$G_{resultan}$ (kg)	$A_{Lub.}$ %	$P_{n1}$ (Kg)	$P_{n2}$ (Kg)	$f_u A_{nt}$ (kg)	$0,6 f_u A_{nu}$ (kg)	$\phi R_n$ (kg)
I. PORTAL MELINTANG																						
1	Batang atas	5688,301	100	2,633	2,412	0,50	50.50.5	4,80	1,51	12	4241	7992	2	68259,6	1896,1	3418,2	14,17	20736,0	13973,7	3552,0	4395,6	11273,4
2	Batang tegak	3503,298	120	1,622	1,485	0,60	50.50.5	4,80	1,51	12	4241	7992	2	42039,6	1167,8	2105,2	14,17	20736,0	13973,7	3552,0	4395,6	11273,4
3	Batang diagonal	7056,172	156	3,267	2,991	0,78	50.50.5	4,80	1,51	12	4241	7992	2	84674,1	2352,1	4240,2	14,17	20736,0	13973,7	3552,0	4395,6	11273,4
II. PORTAL MEMANJANG																						
1	Batang atas	11218,98	120	5,194	4,756	0,60	60.60.6	6,91	1,82	12	4241	7992	4	214282,5	1785,7	3324,9	11,81	29851,2	28529,2	6482,4	11242,1	24639,1
2	Batang bawah	6714,121	120	3,108	2,846	0,60	50.50.5	4,80	1,51	12	4241	7992	2	80569,5	2238,0	4034,7	14,17	20736,0	13973,7	3552,0	4395,6	11273,4
3	Batang tegak	34,272	120	0,016	0,015	0,60	50.50.5	4,80	1,51	12	4241	7992	2	411,3	11,4	20,6	14,17	20736,0	13973,7	3552,0	4395,6	11273,4
4	Batang diagonal	5255,028	170	2,433	2,228	0,85	50.50.5	4,80	1,51	12	4241	7992	2	63060,3	1751,7	3157,9	14,17	20736,0	13973,7	3552,0	4395,6	11273,4

**Tabel 3.3**  
**DESAIN ELEMEN TEKAN RANGKA BATANG**

No.	Letak Batang	P <sub>u</sub> (Kg)	P <sub>f</sub> Bat (cm)	i <sub>kua</sub> (cm)	Data Rencana Profil			Kontrol				λ <sub>c</sub>	ω	φ P <sub>n</sub> (kg)	Sambungan Baut			Gaya Tambahan				
					Profil	A <sub>tungan</sub> (cm <sup>2</sup> )	i <sub>x</sub> i <sub>y</sub> (cm)	B/t	λ <sub>r</sub>	λ <sub>x</sub>	λ <sub>y</sub>				φ baut (mm)	V <sub>dg</sub> (kg)	V <sub>dt</sub> (kg)	n	M <sub>u</sub> (kgmm)	G <sub>maka</sub> (kg)	G <sub>resultan</sub> (kg)	A <sub>Lub.</sub> %
I. PORTAL MELINTANG																						
1	Batang atas	29573,03	100	1	80 . 80 . 8	12,3	2,42	10,0	16,1	41,32	54,44	0,600	1,194	42035,0	20	11781	13320	3	514570,7	4288,1	10750,0	14,05
2	Batang bawah	41533,80	100	1	80 . 80 . 8	12,30	2,42	10,0	16,1	41,32	54,44	0,600	1,194	42035,0	20	11781	13320	4	722688,1	3613,4	10994,2	14,05
3	Batang tegak	736,18	120	1,2	50 . 50 . 5	4,80	1,51	10,0	16,1	79,47	-	0,876	1,412	13871,6	12	4241	7992	2	8834,2	122,7	388,0	14,17
4	Batang diagonal	8116,47	156	1,56	50 . 50 . 5	4,80	1,51	10,0	16,1	103,31	-	1,139	1,709	11459,5	12	4241	7992	2	97397,7	1352,7	4277,8	14,17
II. PORTAL MEMANJANG																						
1	Batang atas	10470,39	120	3,6	70 . 70 . 7	9,40	2,12	10,0	16,1	56,60	110,51	1,219	1,856	20661,9	16	7540	10656	2	191608,2	1995,9	5602,8	13,11
2	Batang bawah	14848,62	120	3,6	70 . 70 . 7	9,40	2,12	10,0	16,1	56,60	110,51	1,219	1,856	20661,9	16	7540	10656	3	271729,7	2830,5	5701,7	13,11
3	Batang tegak	100,56	120	1,2	50 . 50 . 5	4,80	1,51	10,0	16,1	79,47	-	0,876	1,412	13871,6	12	4241	7992	2	1206,7	16,8	53,0	14,17
4	Batang diagonal	5168,05	170	1,7	50 . 50 . 5	4,80	1,51	10,0	16,1	112,58	-	1,241	1,861	10521,4	12	4241	7992	2	62016,6	861,3	2723,8	14,17



Dari tabel 3.2 dan 3.3, batang yang dipakai adalah :

Untuk portal melintang :

- Batang atas atas dan bawah menggunakan  $\text{JL } 80.80.8$
- Batang tegak dan diagonal menggunakan  $\text{JL } 50.50.5$

Untuk portal memanjang :

- Batang atas atas dan bawah menggunakan  $\text{JL } 70.70.7$
- Batang tegak dan diagonal menggunakan  $\text{JL } 50.50.5$

### 3. Desain sambungan las

Sambungan las digunakan untuk menyambung batang tengah dan diagonal rangka, kecuali untuk batang yang berhubungan dengan batang penyambung. Gaya maksimum yang harus dipikul oleh batang tengah dan diagonal adalah :

- Batang tarik = + 7056,172 kg
- Batang tekan = - 8116,474 kg

Direncanakan menggunakan profil  $\text{JL } 50.50.5$

Dengan data profil :  $e = 1,4 \text{ cm}$ ,  $i = 1,51 \text{ cm}$

$$A = 4,8 \text{ cm}^2 \text{ (untuk 1 profil)}$$

$$I_x = I_y = 11,0 \text{ cm}^4$$

### Desain sambungan las

Direncanakan :

- mutu las E70XX ( $f_{uw} = 70 \text{ ksi} = 4921 \text{ kg/cm}^2$ )
- tebal profil ( $t$ ) = 5 mm < 7 mm, sehingga  $t_{w \text{ min.}} = 5 \text{ mm}$   
( $t_e = 0,707 t_w$ ) dan  $L_{e \text{ min.}} = 4 * 5 = 20 \text{ mm}$ ,
- tebal pelat penyambung (simpul) 10 mm

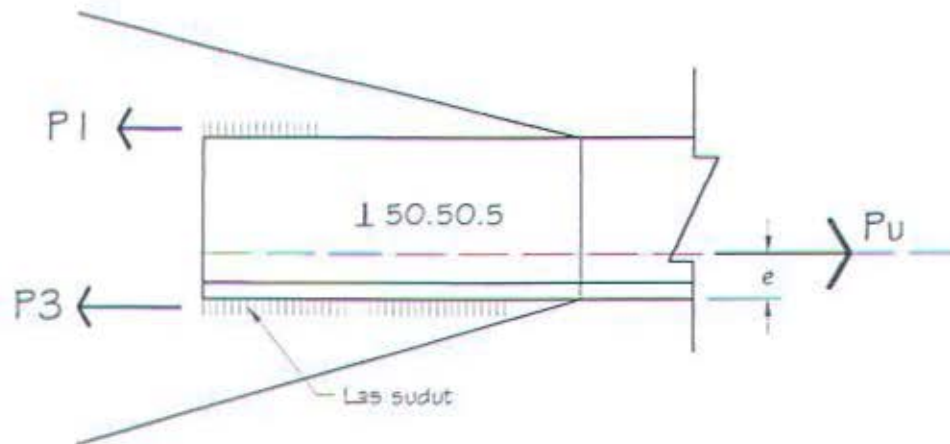
### Kekuatan las

$$\begin{aligned} \phi_t R_{mv} &= \phi_t t_e (0,6 f_{uw}) \quad (t_w \text{ dipakai } 5 \text{ mm}) \\ &= 0,75 * (0,707 * 0,5 \text{ cm}) * 0,6 * 4921 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 782,8 \text{ kg/cm} \end{aligned}$$

### Kekuatan bahan dasar

$$\begin{aligned} \phi_t R_{mv} &= \phi_t t_i (0,6 f_u) \quad (t_i \text{ dipakai tebal profil}) \\ &= 0,75 * 1,0 \text{ cm} * 0,6 * 3700 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 1665 \text{ kg/cm} \end{aligned}$$

$$\text{Digunakan kekuatan las} = 782,8 \text{ kg/cm}$$



Gambar 3.14 Sambungan las elemen batang tarik

Gaya P dipakai  $P_{tekan}$ , karena  $P_{tekan}$  lebih besar daripada  $P_{tarik}$ .

$$\sum M_{P3} = 0$$

$$P_1 \cdot d = P_{1/2} \cdot e$$

$$P_1 = \frac{4058,237 \text{ kg} \cdot 1,4 \text{ cm}}{5 \text{ cm}} = 1136,306 \text{ kg}$$

$$P_3 = 4058,237 \text{ kg} - 1136,306 \text{ kg} = 2921,931 \text{ kg}$$

$$L_{e1} = \frac{P_1}{\phi R_{mv}} = \frac{1136,306 \text{ kg}}{782,8 \text{ kg/cm}'} = 1,452 \text{ cm}$$

$$L_{e3} = \frac{P_3}{\phi R_{mv}} = \frac{2921,931 \text{ kg}}{782,8 \text{ kg/cm}'} = 3,733 \text{ cm}$$

$L_{e1}$  dan  $L_{e2} < w$ , sehingga panjang las dipakai  $L_e = w = 5 \text{ cm}$

$w \leq L_e \leq 1,5w$  ( $w = 5 \text{ cm}$ ), sehingga  $U = 0,75$

Kontrol kekuatan profil terhadap gaya tarik

$$\begin{aligned} P_{n1} &= \phi \cdot f_y \cdot A_g \\ &= 0,9 \cdot 2400 \text{ kg/cm}^2 \cdot (2 \cdot 4,8 \text{ cm}^2) = 20736 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_{n2} &= \phi \cdot f_u \cdot A_e \\ &= 0,75 \cdot 3700 \text{ kg/cm}^2 \cdot (2 \cdot 4,8 \text{ cm}^2) \cdot 0,75 = 19980 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$P_{n1} \text{ dan } P_{n2} > 7056,172 \text{ kg} \quad (\text{OK})$$

$$\begin{aligned} \lambda &= \frac{L}{i} = \frac{142 \text{ cm}}{1,51 \text{ cm}} \\ &= 94,04 > 300 \quad (\text{OK}) \end{aligned}$$

Profil I 50.50.5 dapat digunakan sebagai batang tarik.

Kontrol kekuatan profil terhadap gaya tekan

- Kontrol pelat badan

$$\left. \begin{aligned} \frac{b}{t} &= \frac{50}{8} = 10,0 \\ \lambda_R &= \frac{250}{\sqrt{f_y}} = \frac{250}{\sqrt{240}} = 16,14 \end{aligned} \right\} \frac{b}{t} < \lambda_R$$

- Kontrol kelangsingan

$$L_{kx} = L = 156 \text{ cm}$$

$$\lambda_x = \frac{L_k}{i} < 200$$

$$\lambda_x = \frac{156}{1,51} = 103,31 \text{ cm} < 200 \quad (\text{OK})$$

Untuk  $\lambda_y$  tidak perlu ditinjau, karena  $L_{ky} = L_{kx}$ , tetapi  $i_y$  lebih besar daripada  $i_x$  (untuk profil ganda), sehingga  $\lambda_x < \lambda_y$ .

$$\begin{aligned} \lambda_c &= \frac{\lambda_x}{\pi} \sqrt{\frac{f_y}{E}} \\ &= \frac{103,31}{\pi} \sqrt{\frac{240}{2 \cdot 10^5}} = 1,139 \\ 0,25 &< \lambda_c < 1,2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \omega &= \frac{1,43}{1,6 - 0,67 \cdot \lambda_c} \\ &= \frac{1,43}{1,6 - 0,67 \cdot 1,139} = 1,709 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_n &= \frac{A_g \cdot f_y}{\omega} \\ &= \frac{(2 \cdot 4,8) \cdot 2400 \text{ kg/cm}^2}{1,709} = 13481,568 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$P_u \leq \phi P_n$$

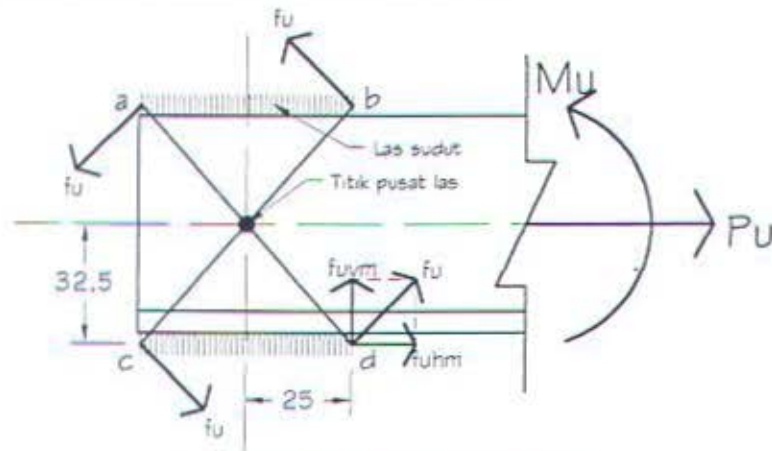
$$8116,474 \text{ kg} \leq 0,85 \cdot 13481,568 \text{ kg}$$

$$8116,474 \text{ kg} \leq 11459,333 \text{ kg} \quad (\text{OK})$$

Profil  $\angle 50.50.5$  dapat digunakan sebagai batang tekan.



Kontrol kekuatan las akibat eksentrisitas.



Gambar 3.15 Titik berat las aktual

Karena bentuk las yang simetris maka titik berat las :

$$\bar{x} = 25 \text{ mm dan } \bar{y} = 32,5 \text{ mm}$$

$$e_{akt} = 32,5 - (10 + 14) \text{ mm} = 8,5 \text{ mm}$$

$$M_u = P_{1/2} * e_{akt}$$

$$= 4058,237 \text{ kg} * 8,5 \text{ mm} = 34495,015 \text{ kgmm}$$

Ditinjau titik d, karena mempunyai arah gaya searah dengan  $P_{1/2}$  dan jarak terjauh dari titik pusat.

$$I_p = I_x + I_y$$

Dari buku Salmon and Johnson jilid I halaman 293, inersia polar untuk bentuk las seperti gambar 3.15 dihitung dengan persamaan :

$$I_p = \frac{b(3d^2 + b^2)}{6}$$

$$I_p = \frac{50 * (3 * 60^2 + 50^2)}{6} = 110833,333 \text{ mm}^3$$

Dianggap tebal las adalah 10 mm, sehingga :

$$I_p = 1108333,33 \text{ mm}^4$$

$$f_u = \frac{M_u * r}{I_p}$$

$$f_{uvm} = \frac{M_u * x}{I_p} = \frac{34495,015 \text{ kgmm} * 25 \text{ mm}}{1108333,33 \text{ mm}^4}$$

$$= 0,7781 \text{ kg/mm}^2 = 77,81 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_{uhm} = \frac{M_u \cdot y}{I_p} = \frac{34495,015 \text{ kgmm} \cdot 32,5 \text{ mm}}{1108333,33 \text{ mm}^4}$$

$$= 1,10115 \text{ kg/mm}^2 = 110,115 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_{uhp} = \frac{P_{1/2}}{A_{las}} = \frac{4058,237 \text{ kg}}{1 \cdot (5+5) \text{ cm}^2} = 405,824 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_{total} = \sqrt{(f_{uhm} + f_{uhp})^2 + f_{uvm}^2}$$

$$= \sqrt{(110,115 + 405,824)^2 + 77,81^2} = 521,773 \text{ kg/cm}^2$$

Kekuatan nominal las untuk tebal 10 mm adalah :

$$\phi_t R_{mv} = \phi_t t_e (0,6 f_{uw})$$

$$= 0,75 \cdot 1 \text{ cm} \cdot 0,6 \cdot 4921 \text{ kg/cm}^2$$

$$= 2214,45 \text{ kg/cm'}$$

$$t_{e \text{ perlu}} = \frac{521,773 \text{ kg/cm}^2}{2214,45 \text{ kg/cm'}}$$

$$= 0,2356 \text{ cm}$$

$$t_w = \frac{0,2356 \text{ cm}}{0,707}$$

$$= 0,333 \text{ cm} \leq t_{pelat} = 0,4 \text{ cm} \quad (\text{OK})$$

Dipasang las dengan  $t_w = 4 \text{ mm}$

#### 4. Desain batang penyambung

$$\text{Gaya tarik batang } S = P_u = 3503,298 \text{ kg}$$

Batang penyambung direncanakan menggunakan profil rangkap 4

siku 50.50.5, dengan data profil :  $e = 1,4 \text{ cm}$ ,  $i = 1,51 \text{ cm}$

$$A = 4,8 \text{ cm}^2 \text{ (untuk 1 profil)}$$

Desain sambungan batang tarik

Direncanakan :

- pada bidang geser baut tidak ada ulir ( $r_1 = 0,5$ )
- $\phi_{\text{baut}} = 12 \text{ mm}$  ( $A_g = 1,131 \text{ cm}^2$ )

Dari perhitungan sebelumnya didapat :

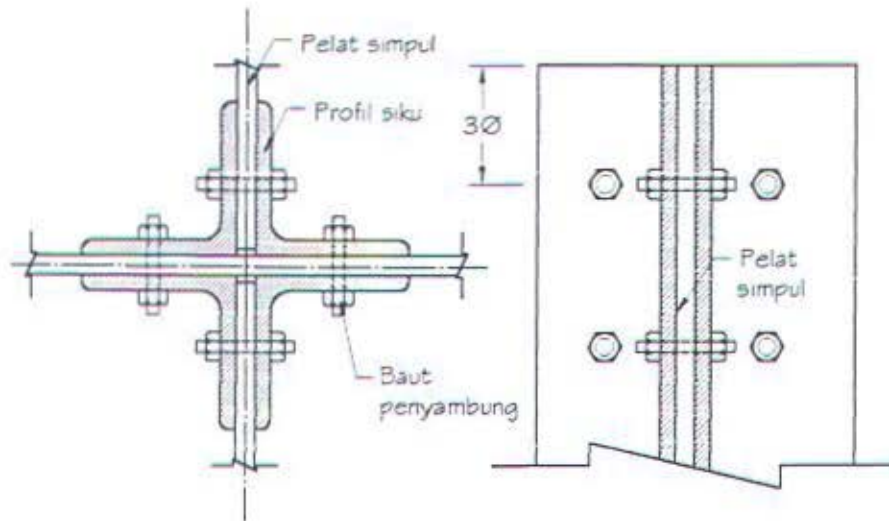
a. Kuat geser baut ( $V_{dg}$ ) = 4241,15 kg

b. Kuat tumpu ( $V_{dt}$ ) = 7992,0 kg

$$V_{dg} < V_{dt} \quad (\text{digunakan } V_{dg} = 4241,15 \text{ kg})$$

$$n = \frac{P_u}{V_{dg}} = \frac{3503,298 \text{ kg}}{4241,15 \text{ kg}} = 0,826 \text{ buah}$$

$$\approx 2 \text{ buah (jumlah minimum)}$$



Gambar 3.16 Rencana sambungan batang penyanggung

Karena ada dipasang 4 siku jumlah baut seluruhnya ada 8 buah. Kekuatan geser tambahan akibat eksentrisitas tidak perlu dikontrol karena gaya yang relatif kecil dan jumlah baut yang terlalu banyak dibandingkan kebutuhannya.

$$\begin{aligned}\phi_{\text{lub.}} &= 1,2 \text{ cm} + 0,16 \text{ cm} \text{ (lubang dibuat dengan bor)} \\ &= 1,36 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$A_{\text{lub.}} = \phi_{\text{lub.}} \cdot t_p = 1,36 \text{ cm} \cdot 0,5 \text{ cm} = 0,68 \text{ cm}^2$$

$$\begin{aligned}\% A_{\text{lub.}} &= \frac{0,68 \text{ cm}^2}{4,8 \text{ cm}^2} \cdot 100 \\ &= 14,167 \% < 15\% \quad (\text{OK})\end{aligned}$$

Profil  $\angle 50.50.5$  dapat digunakan sebagai batang penyanggung

##### 5. Kontrol pelat simpul

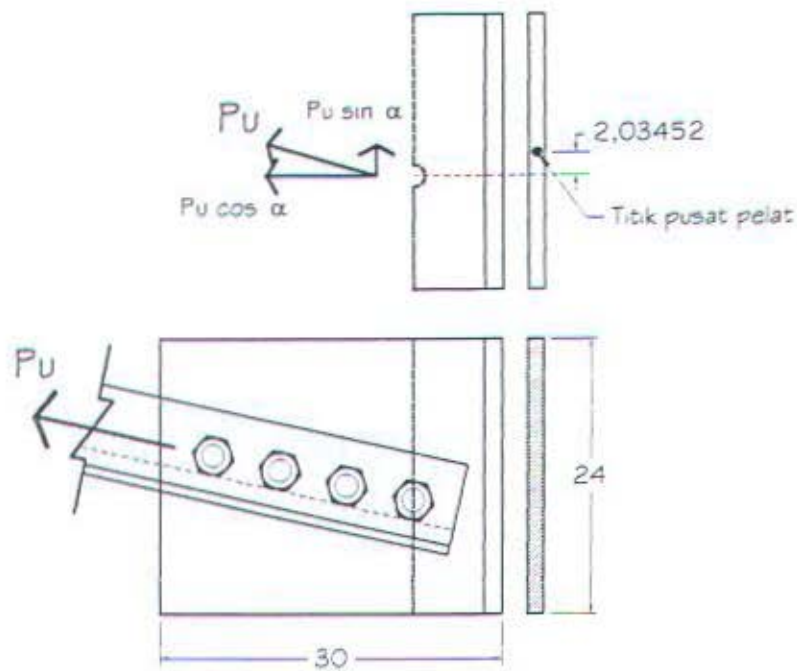
Pelat penyanggung menggunakan profil T 300.200.11.17

Gaya yang bekerja

$$P_u \cos \alpha = 41533,801 \cos 10^\circ = 40902,81 \text{ kg}$$

$$P_u \sin \alpha = 41533,801 \sin 10^\circ = 7212,27 \text{ kg}$$





Gambar 3.17 Pelat simpul

$P_u \sin \alpha$  menghasilkan momen yang berlawanan arahnya dengan  $P_u \cos \alpha$ , karena  $P_u \cos \alpha > P_u \sin \alpha$  sehingga digunakan hanya  $P_u \cos \alpha$  untuk menghitung momen lentur pelat simpul.

$$\begin{aligned} M_u &= P_u \cos \alpha \cdot y_1 \\ &= 40902,81 \text{ kg} \cdot 2,03452 \text{ cm} \\ &= 83217,585 \text{ kgcm} \end{aligned}$$

Geser nominal

$$\begin{aligned} 1,10 \cdot \sqrt{\frac{K_n \cdot E}{f_y}} &= 1,10 \cdot \sqrt{\frac{5 \cdot 2 \cdot 10^5}{240}} \\ &= 71,005 \geq \frac{h}{t_w} \quad (\text{Jenis pelat tebal}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{maka : } V_n &= 0,6 \cdot f_y \cdot A_w \quad (A_w = d \cdot t_w) \\ &= 0,6 \cdot 2400 \cdot (24 \cdot 1,1) \\ &= 38016 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi V_n &= 0,9 V_n = 0,9 \cdot 38016 \text{ kg} \\ &= 34214,4 \text{ kg} \end{aligned}$$

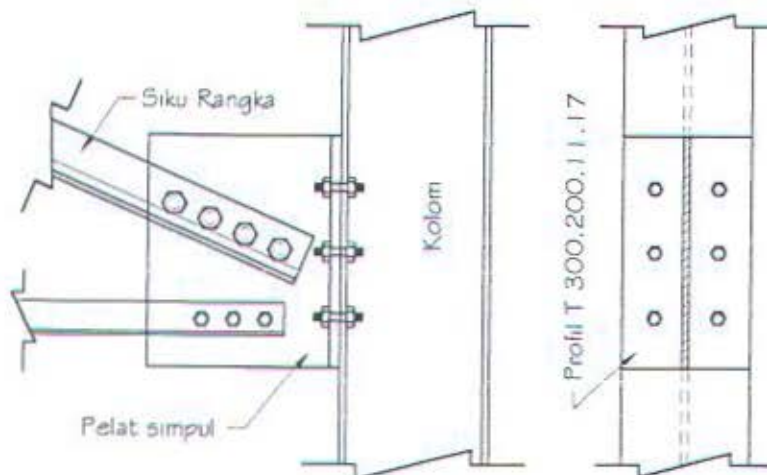
$$\begin{aligned}
 Z_x &= \frac{1}{4} t h^2 = \frac{1}{4} * 1,1 * 24^2 \\
 &= 158,4 \text{ cm}^3 \\
 M_{nx} &= Z_x * f_y = 158,4 \text{ cm}^3 * 2400 \text{ kg/cm}^2 \\
 &= 380160 \text{ kgcm} \\
 \phi M_{nx} &= 0,9 M_{nx} = 0,9 * 380160 \text{ kgcm} \\
 &= 342144 \text{ kgcm} \geq M_u \quad (\text{OK})
 \end{aligned}$$

Interaksi geser dan lentur pada pelat

$$\begin{aligned}
 \frac{M_u}{\phi M_n} + 0,625 * \frac{V_u}{\phi V_n} &\leq 1,375 \\
 \frac{83217,585 \text{ kgcm}}{342144 \text{ kgcm}} + 0,625 * \frac{7212,27 \text{ kg}}{34214,4 \text{ kg}} &\leq 1,375 \\
 0,3749 &\leq 1,375 \quad (\text{OK})
 \end{aligned}$$

#### 6. Sambungan dengan kolom

$P_{geser} = 14250 \text{ kg}$  (dari reaksi struktur rangka atap)



Gambar 3.18 Rencana sambungan atap-kolom

Direncanakan :

- pada bidang geser baut tidak ada ulir ( $r_1 = 0,5$ )
- $\phi_{baut} = 12 \text{ mm}$  ( $A_g = 1,131 \text{ cm}^2$ )
- Mutu baut BJ 50 ( $f_u = 5000 \text{ kg/cm}^2$ )

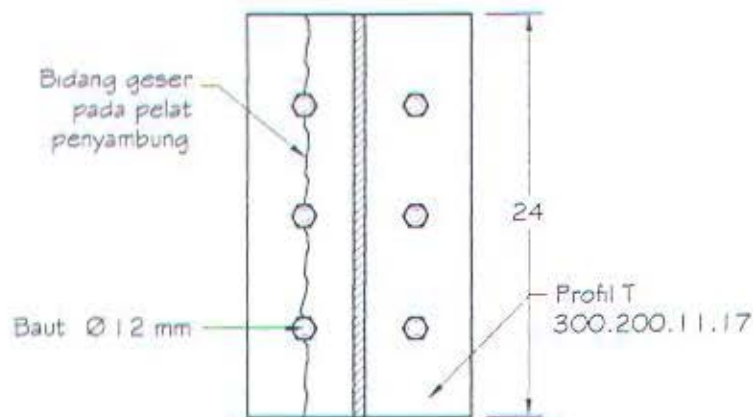
Dari perhitungan sebelumnya didapat :

- Kuat geser baut ( $V_{dg}$ ) = 4241,15 kg
- Kuat tumpu ( $V_{dt}$ ) = 7992 kg ( $t_{\text{pelat sayap kolom}} \pm 10$  mm)  
 $V_{dg} < V_{dt}$  (digunakan  $V_{dg} = 4241,15$  kg)

$$n = \frac{P_u}{V_{dg}} = \frac{14250 \text{ kg}}{4241,15 \text{ kg}} = 3,36 \text{ buah}$$

$$\approx 6 \text{ buah}$$

Kontrol pelat penyambung



Gambar 3.19 Pelat penyambung rangka atap-kolom

$$\begin{aligned} \phi_{\text{lub}} &= 12 \text{ mm} + 1,6 \text{ mm (lubang dibuat dengan bor)} \\ &= 13,6 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{nv} &= L_{nv} * t_l = (L - n \phi_{\text{baut}}) * t_l \\ &= (24 - 3 * 1,36) * 1,6 \text{ cm} \\ &= 31,872 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

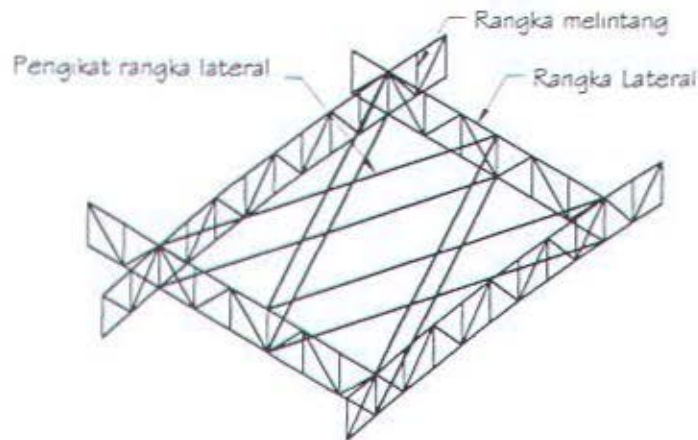
Pelat yang ditinjau satu sisi saja (karena simetris), sehingga gaya yang bekerja =  $\frac{1}{2} P_u = 7125$  kg

$$\begin{aligned} \phi P_n &= \phi (0,6 f_u * A_{nv}) \\ &= 0,9 * 0,6 * 3700 \text{ kg/cm}^2 * 31,872 \text{ cm}^2 \\ &= 63680,256 \text{ kg} \geq 7125 \text{ kg} \quad (\text{OK}) \end{aligned}$$



### 7. Desain Pengikat Lateral Truss

Untuk mencegah tekuk yang besar pada lateral truss, maka dipasang pengikat untuk lateral truss.



Gambar 3.19a Pemasangan pengikat Lateral Truss

Gaya maksimum yang terjadi adalah sebesar = 5486,225 kg

$$A_g = \frac{S}{0,9 \cdot f_y} = \frac{5486,225 \text{ kg}}{0,9 \cdot 2400 \text{ kg/cm}^2} = 2,539 \text{ cm}^2$$

$$A_g = \frac{S}{0,75 \cdot f_u} = \frac{5486,225 \text{ kg}}{0,75 \cdot 3700 \text{ kg/cm}^2} = 1,977 \text{ cm}^2$$

Digunakan batang dengan sistem ulir pada ujungnya.

$$A_g = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot \phi^2 \longrightarrow \phi = \sqrt{\frac{4 \cdot (2,539)}{\pi}} = 1,79798 \text{ cm}$$

karena ada ulir maka  $\phi_{\text{perlu}} = \phi / \phi$  ( $\phi = 0,75$ )

$$\phi_{\text{perlu}} = \frac{1,79798}{0,75} = 2,397 \text{ cm}$$

dipakai batang (rod)  $\phi = 24 \text{ mm}$

Kontrol kelangsingan

$$\phi > \frac{\text{panjang batang}}{500}$$

$$\text{Panjang batang} = \sqrt{720^2 + 750^2} = 1039,66 \text{ cm}$$

$$24 \text{ mm} > \frac{10396,6 \text{ mm}}{500}$$

$$> 20,793 \text{ mm} \quad (\text{OK})$$

### 3.3 Perencanaan Struktur Lantai

Pelat lantai direncanakan menggunakan jenis pelat precast prestressed metode pretension, direncanakan :

- Beban hidup = 800 kg/m'
- Baja prestressed : - Strand 7 kawat ( $f_{pu} = 1723$  MPa).  
 -  $\varnothing_{kawat} = 3/8'' = 9,525$  mm  
 $A = 51,6$  mm<sup>2</sup>  
 $f_{se} = 0,75 f_{pu}$  (kehilangan prategang metode pretension  $\pm 25\%$ )  
 $= 0,75 * 1723$  MPa = 1292,25 MPa
- Beton : -  $f'_c = 40$  MPa  
 -  $f'_{ci} = 30$  MPa (saat transfer)

Pelat didesain dengan mengijinkan terjadinya tegangan tarik.

a.  $\bar{\sigma}_{beton}$  saat transfer beban :

- Tekan ( $f_b$ ) =  $0,6 * f'_{ci}$  = 18,0 MPa
- Tarik ( $f'_t$ ) =  $0,5 * \sqrt{f'_{ci}}$  = 2,74 MPa

b.  $\bar{\sigma}_{beton}$  saat beban bekerja :

- Tekan ( $f_i$ ) =  $0,45 * f'_c$  = 18,0 MPa
- Tarik ( $f'_b$ ) =  $0,5 * \sqrt{f'_c}$  = 3,16 MPa

#### 3.3.1 Desain Penampang Pelat (*Preliminary Desain*)



Gambar 3.20 Rencana penampang pelat awal

Perhitungan berat sendiri pelat (BS)

- Luas penampang pelat ( $A_{c1}$ )  

$$A_{c1} = (150 * 1200) - 7 * (\frac{1}{4} * \pi * 80^2)$$

$$= 144814,4613 \text{ mm}^2 = 0,14482 \text{ m}^2$$

$$BS = 0,14482 \text{ m}^2 * 2500 \text{ kg/m}^3 = 362,05 \text{ kg/m'}$$
- Luas penutup lantai ( $A_{c2}$ )  

$$A_{c2} = (0,02 * 1,2) \text{ m}^2 = 0,0240 \text{ m}^2$$

$$\begin{aligned}
 \text{Berat penutup lantai} &= 0,024 \text{ m}^2 \cdot 2500 = 60 \text{ kg/m}' \\
 \text{Berat ducting AC + pipa} &= 40 \text{ kg/m}^2 \cdot 1,2 \text{ m} = 48 \text{ kg/m}' \\
 \hline
 q_d &= 108 \text{ kg/m}'
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{bs} &= 1/8 \cdot q_{bs} \cdot L^2 \\
 &= 1/8 \cdot (1,2 \cdot 362,05) \cdot 3,75^2 \\
 &= 763,699 \text{ kgm} = 7,492 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{luar} &= 1/8 \cdot (q_{bh} + q_d) \cdot L^2 \\
 &= 1/8 \cdot (1,6 \cdot 800 + 1,2 \cdot 108) \cdot 3,75^2 \\
 &= 2477,813 \text{ kgm} = 24,307 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_T &= M_{bs} + M_{bh} \\
 &= 7,492 + 24,307 = 31,799 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

$$\frac{M_{bs}}{M_T} = \frac{7,492}{31,799} \cdot 100\% = 23,56\%$$

Perbandingan  $\frac{M_{bs}}{M_T}$  relatif kecil (dekat dari 20 - 30%), sehingga

momen gelagar ( $M_{bs}$ ) menentukan dalam desain pendahuluan.

$$F = T = \frac{M_L}{0,5 \cdot h} = \frac{(31,799 - 7,492) \text{ kNm}}{0,5 \cdot 0,15 \text{ m}} = 324,093 \text{ kN}$$

$$F_0 = 1,25 \cdot F = 405,116 \text{ kN}$$

$$I = \left( \frac{1}{12} \cdot 1200 \cdot 150^3 \right) - 7 \cdot \left( \frac{1}{64} \cdot 80^4 \right) = 333020000 \text{ mm}^4$$

$$\begin{aligned}
 A_c = A_{c1} &= \text{luas yang menahan lentur} \\
 &= 144814,1623 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$r^2 = \frac{I}{A_c} = \frac{333020000 \text{ mm}^4}{144814,1623 \text{ mm}^2} = 2299,637 \text{ mm}$$

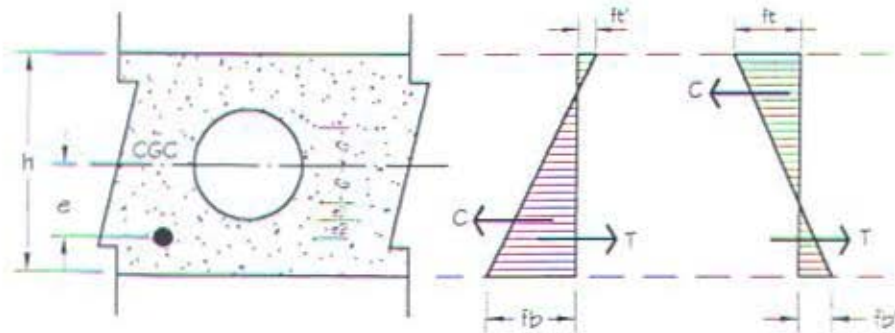
$$K_t = K_b = \frac{r^2}{h/2} = \frac{2299,637}{150/2} = 30,662 \text{ mm}$$

*Penampang didesain dengan mengijinkan adanya tarikan.*

Karena tegangan tarik  $f_t'$  diijinkan pada serat atas, letak CGS yang terjauh di bawah kern bawah adalah :

$$\begin{aligned}
 e_1 + e_2 &= \frac{M_{bs} + f_t' \cdot A_c \cdot K_b}{F_0} \\
 &= \frac{7,492 \cdot 10^6 + 2,74 \cdot 144814,1623 \cdot 30,662}{405,116 \cdot 10^3} = 48,525 \text{ mm}
 \end{aligned}$$





Gambar 3.21 Tegangan pada penampang pelat

Secara teoritis letak CGS terjauh = 48,525 mm dari kern bawah, sehingga :

$$e = K_b + (e_1 + e_2) = 30,662 \text{ mm} + 48,525 \text{ mm} \\ = 79,187 \text{ mm} \geq \frac{1}{2} h_{\text{pelat}} = 75 \text{ mm}$$

Jarak ini berada diluar pelat 4,187 mm dibawah serat bawah pelat, sehingga untuk praktisnya CGS diletakkan sejarak 20 mm di atas serat terbawah.

$$e = 75 - 20 = 55 \text{ mm}$$

$$e \cdot K_b = \frac{M_{bs}}{F_0} = \frac{7,492 \cdot 10^6}{405,116 \cdot 10^3} = 18,493 \text{ mm}$$

Momen sisa yang dipikul gaya prategang adalah :

$$M_t - f_b' \cdot A \cdot K_t = (31,799 \cdot 10^6) - (3,16 \cdot 144814,1623 \cdot 30,662) \\ = 17767677,77 \text{ Nmm}$$

Panjang lengan momen (a)

$$a = K_t + e \\ = 30,662 + 55 = 85,662 \text{ mm}$$

Gaya prategang yang dibutuhkan adalah sebesar :

$$F = \frac{M_{\text{sisa}}}{a} = \frac{17767677,77 \text{ Nmm}}{85,662 \text{ mm}} \\ = 207416,0978 \text{ N}$$

$$F_0 = 1,25 \cdot F = 259270,1223 \text{ N}$$

Untuk membatasi tegangan tekan serat bawah ( $f_b$ ) sebesar 18 MPa (sesaat setelah pemindahan gaya pratekan dan sebelum kehilangan tegangan yang merupakan fungsi waktu). Luas beton yang diperlukan adalah :

$$\begin{aligned}
 A_{ctb} &= \frac{F_0}{f_b} \cdot \left( 1 + \frac{e - \left( \frac{M_{bs}}{F_0} \right)}{K_t} \right) \\
 &= \frac{259270,1233}{18} \cdot \left( 1 + \frac{55 - \left( \frac{7,492 \cdot 10^6}{259270,1223} \right)}{30,662} \right) \\
 &= 26666,372 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Untuk menjaga tegangan tekan serat atas ( $f_t$ ) sebesar 18 MPa (setelah beban luar bekerja/service), luas beton yang diperlukan adalah :

$$\begin{aligned}
 A_{ct} &= \frac{F \cdot h}{(f_t \cdot y_b) - (f_b' \cdot y_t)} = \frac{207416,0978 \cdot 150}{(18 \cdot 75) - (3,16 \cdot 75)} \\
 &= 27953,652 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Dari hasil hitungan dapat dilihat bahwa penampang percobaan (hasil desain awal) mempunyai perbedaan yang jauh, sehingga penampang masih dapat diperkecil dimensinya.

Batasan lendutan pelat.

$$\begin{aligned}
 f &= \left( \frac{5}{384} \cdot \frac{q_t \cdot L^4}{EI_x} \right) \leq \frac{L}{240} \quad (\text{balok biasa}) \\
 q_t &= 362,05 \text{ kg/m}' + (800 + 108) \text{ kg/m}^2 \cdot 1,2 \text{ m} \\
 &= 1451,65 \text{ kg/m}' = 14,5165 \text{ kg/cm}' \\
 E &= 4700 \sqrt{f_c'} \\
 &= 4700 \cdot \sqrt{40 \text{ MPa}} = 29725,41 \text{ MPa} \\
 &= 291606,272 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 f &= \left( \frac{5}{384} \cdot \frac{14,5165 \cdot 375^4}{291606,272 \cdot I_x} \right) \leq \frac{375}{240} \\
 \frac{12818,255}{I_x} &\leq 1,5625 \\
 I_x &\geq 8203,6832 \text{ cm}^4 \\
 &\geq 82036832 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

Perhitungannya desain penampang di tabelkan.

Tabel 3.4  
DESAIN PENAMPANG PELAT  
UNTUK MENAHAN LENTUR

Data Perencanaan	Data Profil	Luas Netto (mm <sup>4</sup> )	Inersia (mm <sup>4</sup> )	Perhitungan	Awal	Kontrol Gaya Prategang Efektif dan Luas
1	2	3	4	5		6
a. Iterasi 1						
$f_c' = 40$ MPa	$h = 150$	144814,16	333020000	$F = 324,10$ kN	$F = 207,2985$ kN	$F_0 = 259,1232$ kN $A_{cb} = 26644,38$ mm <sup>2</sup> $A_{ct} = 27942,10$ mm <sup>2</sup>
$f_{ci}' = 30$ MPa	$b = 1200$			$F_0 = 405,12$ kN		
$f_b = 18$ MPa	Dia. = 80			$r^2 = 2299,64$ mm		
$f_t' = 2,74$ MPa	$n = 7$			$K_t = K_b = 30,66$ mm		
$f_t = 18$ MPa	$y_t = y_b = 75$ mm			$e-kb = 18,49$ mm		Keterangan : Penampang diperkecil
$f_b' = 3,16$ MPa	$A_t = 0,14481$ m <sup>2</sup>			$e_1 + e_2 = 48,51$ mm		
$f_{pu} = 1723$ MPa	$M_{bs} = 7,4916$ kNm			$M_{sisa} = 17,76$ kNm		
$f_{sc} = 1292,3$ MPa	$M_t = 31,7989$ kNm			$a = 85,66$ mm		
$\gamma_{bet} = 2500$ kg/m <sup>3</sup>	Inersia min. perlu = 82036007 mm <sup>4</sup>					
$A_p = 0,024$ m <sup>2</sup>	b. Iterasi 2					
$M_{luar} = 24,31$ kNm	$h = 120$	103787,61	167680000	$F = 405,12$ kN	$F = 311,3703$ kN	$F_0 = 389,213$ kN $A_{cb} = 45229,85$ mm <sup>2</sup> $A_{ct} = 41970,1$ mm <sup>2</sup>
$d' = 20$ mm	$b = 1200$			$F_0 = 506,40$ kN		
$e_1 = 55$ mm	Dia. = 80			$r^2 = 1615,61$ mm		
$e_2 = 40$ mm	$n = 8$			$K_t = K_b = 26,93$ mm		
$e_3 = 30$ mm	$y_t = y_b = 60$ mm			$e-kb = 10,60$ mm		Keterangan : Penampang diperkecil
	$A_t = 0,10379$ m <sup>2</sup>			$e_1 + e_2 = 25,72$ mm		
	$M_{bs} = 5,3692$ kNm			$M_{sisa} = 20,84$ kNm		
	$M_t = 29,6765$ kNm			$a = 66,93$ mm		
	Inersia min. perlu = 76239693 mm <sup>4</sup>					
c. Iterasi 3						
	$h = 100$	96438,06	98828125	$F = 486,15$ kN	$F = 456,393$ kN	$F_0 = 570,491$ kN $A_{cb} = 65389,72$ mm <sup>2</sup> $A_{ct} = 61517,9$ mm <sup>2</sup>
	$b = 1200$			$F_0 = 607,68$ kN		
	Dia. = 50			$r^2 = 1024,78$ mm		
	$n = 12$			$K_t = K_b = 20,50$ mm		
	$y_t = y_b = 50$ mm			$e-kb = 8,21$ mm		Keterangan : Penampang diperkecil
	$A_t = 0,09644$ m <sup>2</sup>			$e_1 + e_2 = 17,12$ mm		
	$M_{bs} = 4,9890$ kNm			$M_{sisa} = 23,05$ kNm		
	$M_t = 29,2963$ kNm			$a = 50,50$ mm		
	Inersia min. perlu = 75201332 mm <sup>4</sup>					
Keterangan						
Walaupun penampang masih dapat diperkecil, tetapi karena pertimbangan lendutan (inersia) maka penampang hasil iterasi terakhir (3) dipakai untuk perencanaan.						



### 3.3.2 Analisa Penampang Terhadap Lentur.

Perhitungan analisa terhadap lentur dilakukan pada daerah tengah bentang tanpa memperhitungkan luas tendon (perhitungan secara kasar)

Data dari Tabel 3.4 (iterasi 3) adalah sebagai berikut :

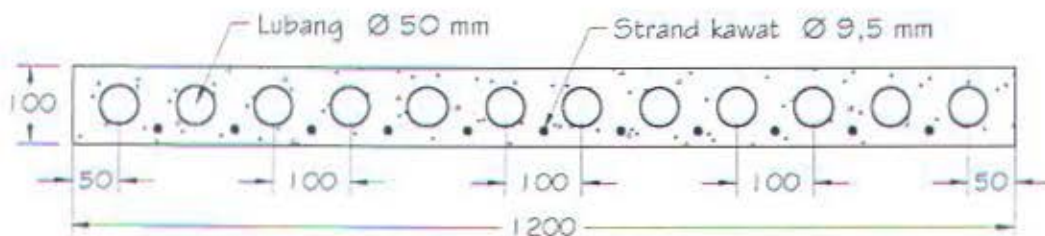
- $h = 100 \text{ mm}$  dan  $b = 1200 \text{ mm}$
- $F = 456,393 \text{ kN}$  dan  $F_0 = 570,491 \text{ kN}$
- $A_c = 96438,06 \text{ mm}^2$
- $e = 30 \text{ mm}$  dan  $y_t = y_b = 50 \text{ mm}$
- $I = 98828125 \text{ mm}^4$
- $M_g = 4,9890 \text{ kNm} = 4,989 \cdot 10^6 \text{ Nmm}$
- $M_t = 29,2963 \text{ kNm} = 29,296 \cdot 10^6 \text{ Nmm}$

Luas baja yang dibutuhkan :

$$A_{ps} = \frac{F_0}{f_{se}} = \frac{570,491 \cdot 10^3 \text{ N}}{1292,25 \text{ MPa}} = 441,471 \text{ mm}^2$$

$$n = \frac{A_{ps}}{A_{tunggak}} = \frac{441,471 \text{ mm}^2}{51,6 \text{ mm}^2} = 8,556 \text{ buah}$$

Agar penempatan kabel simetris dipasang 9 strand kawat  $\varnothing 9,525 \text{ mm}$



Gambar 3.22 Penempatan kabel

Kawat strand diletakkan sejarak 20 mm dari serat terbawah dalam keadaan lurus sepanjang bentang tanpa lengkungan.

### 3.3.3 Perhitungan Kehilangan Pratekan

Kehilangan pratekan dihitung menggunakan metode komisi ACI-ASCE, dengan nilai-nilai tetapan diambil dari buku "Desain Strukur Beton Prategang" T.Y. Lin Ned - H, Burns.

## 1. Kehilangan akibat perpendekan elastis (ES)

$$ES = K_{es} E_s \frac{f_{cir}}{E_{ci}}$$

$$E_s = 2 \cdot 10^5 \text{ MPa}$$

$$E_{ci} = 4700 \sqrt{f_{ci}} = 4700 \cdot \sqrt{30} = 25742,96 \text{ MPa}$$

$$K_{es} = 1,0 \text{ (untuk sistem pretension)}$$

$$e = 30 \text{ mm}$$

$$M_g = 4,989 \cdot 10^6 \text{ Nmm}$$

$$\begin{aligned} f_{cir} &= \frac{F_0}{A} + \frac{F_0 e^2}{I} - \frac{M_g e}{I} \\ &= \frac{456,393 \cdot 10^3}{96438,06} + \frac{456,393 \cdot 10^3 \cdot 30^2}{98828125} - \frac{4,989 \cdot 10^6 \cdot 30}{98828125} \\ &= 4,7325 + 4,1526 - 1,5144 \\ &= 7,3743 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} ES &= 1,0 \cdot 2 \cdot 10^5 \cdot \frac{7,3743 \text{ MPa}}{25742,96 \text{ MPa}} \\ &= 57,292 \text{ MPa} \end{aligned}$$

## 2. Kehilangan akibat rangkak/creep (CR)

$$CR = K_{cr} \cdot \frac{E_s}{E_c} \cdot (f_{cir} - f_{cfs})$$

$$E_c = 4700 \sqrt{f_c} = 4700 \cdot \sqrt{40} = 29725,41 \text{ MPa}$$

$$K_{cr} = 2,0 \text{ (untuk sistem pretension)}$$

$$\begin{aligned} q_{dl} &= 1,2 \cdot ((0,024 + 0,09644) \text{ m}^2 \cdot 2500 + 40 \text{ kg/m}^2 \cdot 1,2 \text{ m}) \\ &= 418,92 \text{ kg/m'} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{dl} &= 1/8 \cdot (418,92 \text{ kg/m'}) \cdot (3,75 \text{ m})^2 \\ &= 736,383 \text{ kgm} = 7223915,391 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_{cfs} &= \frac{M_{dl} \cdot e}{I} \\ &= \frac{7223915,391 \text{ Nmm} \cdot 30 \text{ mm}}{98828125 \text{ mm}^4} = 2,1928 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} CR &= 2,0 \cdot \frac{2 \cdot 10^5 \text{ MPa}}{29725,41 \text{ MPa}} \cdot (7,3743 - 2,1928) \text{ MPa} \\ &= 69,724 \text{ MPa} \end{aligned}$$

## 3. Kehilangan akibat susut (SH)

$$SH = 8,2 \cdot 10^{-6} \cdot K_{sh} \cdot E_s \cdot \left(1 - 0,06 \cdot \frac{V}{S}\right) \cdot (100 - RH)$$

$$K_{sh} = 1,0 \quad (\text{untuk pretension})$$

$$RH = 75\% \quad (\text{kelembaban})$$

$$\text{Volume} = A_{\text{penampang}} \cdot L_{\text{pelat}}$$

$$= 96438,06 \cdot 3750 = 3,6164 \cdot 10^8 \text{ mm}^3$$

$$\text{Kell. penampang} = 2 \cdot (1200 + 100) = 2600 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas permukaan} &= (\text{kell. penampang} \cdot 1000 \text{ mm}') + 2 \cdot A_c \\ &= (2600 \cdot 1000) + 2 \cdot 96438,06 \\ &= 2,7928 \cdot 10^6 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{V}{S} &= \frac{3,6164 \cdot 10^8}{2,7928 \cdot 10^6} = 129,487 \text{ mm} \\ &= 5,098 \text{ inch} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} SH &= 8,2 \cdot 10^{-6} \cdot 1,0 \cdot (2 \cdot 10^5) \cdot (1 - 0,06 \cdot 5,098) \cdot (100 - 75) \\ &= 28,459 \text{ MPa} \end{aligned}$$

## 4. Kehilangan akibat relaksasi (RE)

$$RE = [K_{re} - J] (ES + CR + SH) \cdot C$$

$$K_{re} = 32 \text{ MPa}, \quad J = 0,037 \quad (\text{grade 1723 MPa, relaksasi rendah})$$

$$C = 0,10 \quad (\text{untuk } \frac{f_{p1}}{f_{pu}} = 0,75)$$

$$\begin{aligned} RE &= [32 - 0,037 \cdot (57,292 + 69,724 + 28,459)] \cdot 1,0 \\ &= 26,247 \text{ MPa} \end{aligned}$$

Jumlah total kehilangan prategang ( $\Delta f_p$ )

$$\begin{aligned} \Delta f_p &= ES + CR + SH + RE \\ &= (57,292 + 69,724 + 28,459 + 26,247) \text{ MPa} \\ &= 181,722 \text{ MPa} \end{aligned}$$

## % Kehilangan Pratekan

$$\begin{aligned} \% \Delta f_p &= \frac{\Delta f_p}{1723} \cdot 100\% \\ &= \frac{181,722 \text{ MPa}}{1723 \text{ MPa}} \cdot 100\% \\ &= 10,547\% < 25\% \quad (\text{perkiraan awal}) \quad (\text{OK}) \end{aligned}$$



### 3.3.4 Analisa Penampang Terhadap lentur

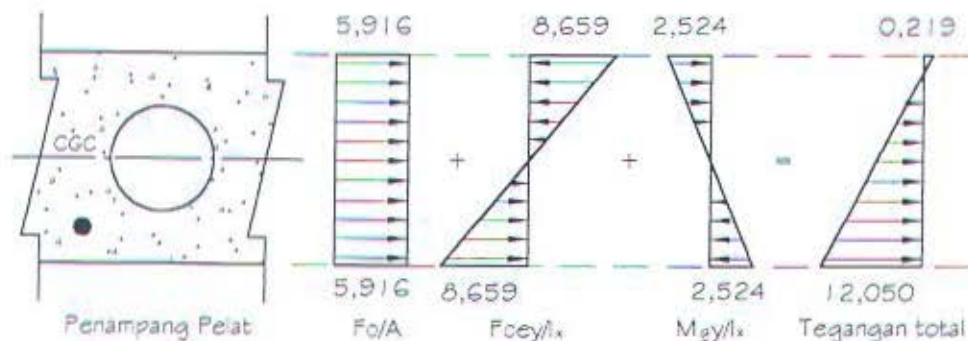
Analisa penampang pada saat peralihan

- Tegangan tekan ijin ( $f_b$ ) = 18,0 MPa
- Tegangan tarik ijin ( $f_t'$ ) = - 2,74 MPa

$$\begin{aligned}
 f_{ct,b} &= \frac{F_0}{A_c} \mp \frac{F_0 \cdot e}{I_x} \cdot y_{tb} \pm \frac{M_g}{I_x} \cdot y_{tb} \\
 &= \frac{570,491 \cdot 10^3}{96438,06} \mp \frac{570,491 \cdot 10^3 \cdot 30}{98828125} \cdot 50 \pm \frac{4,989 \cdot 10^6}{98828125} \cdot 50 \\
 &= 5,9156 \mp 8,6588 \pm 2,5241
 \end{aligned}$$

$$f_{ct} = -0,2191 \text{ MPa} \leq f_t' = -2,74 \text{ MPa} \quad (\text{OK})$$

$$f_{cb} = +12,0503 \text{ MPa} \leq f_b = 18 \text{ MPa} \quad (\text{OK})$$



Gambar 3.23 Tegangan pada penampang saat peralihan

Analisa penampang pada saat beban luar bekerja (service)

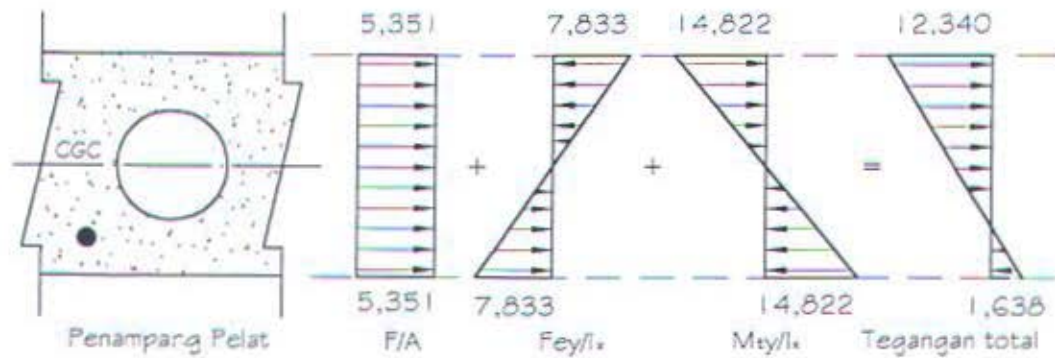
- Tegangan tekan ijin ( $f_t$ ) = 18,0 MPa
- Tegangan tarik ijin ( $f_b'$ ) = - 3,16 MPa

$$\begin{aligned}
 F_{\text{faktual}} &= \frac{F_0}{(100 + \%Af_p)} = \frac{570,491 \text{ kN}}{(100 + 10,547)\%} \\
 &= 516,062 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 f_{ct,b} &= \frac{F}{A_c} \mp \frac{F \cdot e}{I_x} \cdot y_{tb} \pm \frac{M_l}{I_x} \cdot y_{tb} \\
 &= \frac{516,062 \cdot 10^3}{96438,06} \pm \frac{516,062 \cdot 10^3 \cdot 30}{98828125} \cdot 50 \pm \frac{29,2963 \cdot 10^6}{98828125} \cdot 50 \\
 &= 5,3512 \mp 7,8327 \pm 14,8218
 \end{aligned}$$

$$f_{ct} = +12,3403 \text{ MPa} \leq f_t = 18,0 \quad (\text{OK})$$

$$f_{cb} = -1,6379 \text{ MPa} \leq f_b' = -3,16 \text{ MPa} \quad (\text{OK})$$



Gambar 3.24 Tegangan pada penampang saat beban kerja

Karena tegangan-tegangan yang terjadi lebih kecil daripada tegangan ijin maka penampang dapat digunakan.

### 3.4 Perencanaan Balok Anak

Balok anak lantai 1- 5 direncanakan tidak menahan dinding partisi sedangkan balok anak lantai 6 - 8 yang direncanakan menahan beban dinding partisi. Balok yang direncanakan balok anak lantai 1

#### Perhitungan Pembebanan

##### • Beban Mati (D)

$$\begin{aligned}
 q_{d1} &= \text{dari berat sendiri pelat} \\
 &= (0,024 + 0,09644) * 2500 * \frac{3,75 \text{ m}}{1,2 \text{ m}} = 940,94 \text{ kg/m'} \\
 q_{AC} &= 40 \text{ kg/m}^2 * 3,75 \text{ m} = 150,0 \text{ kg/m'} \\
 q_{d2} &= \text{perkiraan berat profil} = 70,0 \text{ kg/m'} \\
 \hline
 q_{d \text{ total}} &= 1160,94 \text{ kg/m'}
 \end{aligned}$$

##### • Beban Hidup (R)

$$\begin{aligned}
 q_1 &= \text{dari beban hidup yang bekerja di lantai} \\
 &= 800 \text{ kg/m}^2 * 3,75 \text{ m} = 3000 \text{ kg/m'} \\
 q_{\text{total}} &= (1,2 q_{d \text{ total}}) + (1,6 q_1) \\
 &= (1,2 * 1160,94) + (1,6 * 3000) = 6193,128 \text{ kg/m'} \\
 M_u &= \frac{1}{8} * q_{\text{total}} L^2 \\
 &= \frac{1}{8} * 6193,128 \text{ kg/m'} * (7,2 \text{ m})^2 \\
 &= 40131,469 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

### Kontrol Lendutan

$$q_t = (1160,94 + 3000) \text{ kg/m'} \quad (\text{tanpa faktor beban})$$

$$= 4160,94 \text{ kg/m'} = 41,61 \text{ kg/cm'}$$

$$f = \left( \frac{5}{384} \cdot \frac{q_t \cdot L^4}{EI_x} \right) \leq \frac{L}{240} \quad (\text{balok biasa})$$

$$f = \left( \frac{5}{384} \cdot \frac{41,61 \cdot 720^4}{2 \cdot 10^6 \cdot I_x} \right) \leq \frac{720}{240}$$

$$\frac{72800,856}{I_x} \leq 3$$

$$I_x \geq 24266,952 \text{ cm}^4$$

Dicoba menggunakan profil WF 500.200.10.16

$$\text{data profil: } A = 114,2 \text{ cm}^2 \quad r = 24,0 \text{ mm}$$

$$q = 89,7 \text{ kg/m'} \quad i_x = 20,5 \text{ cm}$$

$$I_x = 47800 \text{ cm}^4 \quad i_y = 4,33 \text{ cm}$$

### Kontrol Penampang

#### a. Badan penampang

$$\left. \begin{aligned} \frac{h}{t_w} &= \frac{500 - 2 \cdot (16 + 24)}{10} = 42,0 \\ \lambda_r &= \frac{665}{\sqrt{f_y}} = \frac{665}{\sqrt{240}} = 42,95 \end{aligned} \right\} \frac{h}{t_w} < \lambda_r$$

#### b. Sayap penampang

$$\left. \begin{aligned} \frac{b}{2 t_f} &= \frac{200}{2 \cdot 16} = 6,25 \\ \lambda_r &= \frac{250}{\sqrt{f_y}} = \frac{250}{\sqrt{240}} = 16,14 \end{aligned} \right\} \frac{b}{2 t_f} < \lambda_r$$

*Jenis penampang kompak*

### Kontrol Lateral Buckling

Sayap balok diasumsikan tidak dapat bergerak karena tersambung kaku dengan pelat lantai melalui shear connector, sehingga  $L_b = 0 \text{ cm}$

$$L_p = 1,76 i_y \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 1,76 \cdot 4,33 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot 10^5}{240}} = 219,994 \text{ cm}$$

$$L_p > L_b \quad (\text{Jenis bentang pendek})$$



Untuk penampang kompak dan bentang pendek kuat lentur nominal penampang ditentukan sebesar :

$$M_n = M_p$$

$$\text{Dari tabel didapat } M_{px} = 5092704 \text{ kgcm} = 50927,04 \text{ kgm}$$

$$M_u \leq \phi M_{px}$$

$$40131,469 \text{ kgm} \leq 0,9 * 50927,04 \text{ kgm}$$

$$40131,469 \text{ kgm} \leq 4583433,6 \text{ kgm} \quad (\text{OK})$$

#### Kontrol Geser Penampang

Untuk profil I

$$\left. \begin{aligned} \frac{h}{t_w} &= \frac{500 - 2 * (16 + 24)}{10} = 42,0 \\ 6,36 \sqrt{\frac{E}{f_y}} &= 6,36 * \sqrt{\frac{2 * 10^5}{240}} = 183,6 \end{aligned} \right\} \frac{h}{t_w} \leq 6,36 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

*Tidak memerlukan pengaku vertikal pelat badan*

$$K_n = 5 + \frac{5}{\left(\frac{a}{h}\right)^2} \quad \text{Tidak memakai pengaku vertikal } (K_n = 5)$$

Geser nominal

$$1,10 * \sqrt{\frac{K_n * E}{f_y}} = 1,10 * \sqrt{\frac{5 * 2 * 10^5}{240}} = 71,005$$

$$\therefore \frac{h}{t_w} \leq 1,10 * \sqrt{\frac{K_n * E}{f_y}} \quad \text{Jenis pelat tebal}$$

$$\begin{aligned} \text{maka : } V_n &= 0,6 * f_y * A_w \quad (A_w = d * t_w) \\ &= 0,6 * 2400 * (50 * 1,0) = 72000 \text{ kg} \\ q_{\text{total}} &= 6193,128 \text{ kg/m'} \\ V_u &= R_a = R_b = \frac{1}{2} * qL \\ &= \frac{1}{2} * 6193,128 * 7,2 \text{ m} = 22295,261 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$V_u \leq 0,9 * V_n$$

$$22295,261 \text{ kg} \leq 0,9 * 72000 \text{ kg}$$

$$22295,261 \text{ kg} \leq 64800 \text{ kg} \quad (\text{OK})$$

Tabel 3.5  
PERENCANAAN ELEMEN BALOK SKUNDER

Data Beban	No.	Data Bentang	Dinding	$I_{minimum}$ (cm <sup>4</sup> )	Data Profil	Kontrol		Momen (kgcm)			Geser (kg)	
						Penampang	Tekuk Lateral	M <sub>u</sub>	M <sub>n</sub>	φ M <sub>n</sub>	V <sub>u</sub>	φ V <sub>n</sub>
$q_d = 11,806 \text{ kg/cm'}$ $q_l = 30 \text{ kg/cm'}$ $P_d = 0 \text{ kg}$ $P_l = 0 \text{ kg}$	1	Balok Anak Memanjang Lt. 1										
		B = 375 cm	0	24381,1	WF 500 . 200 . 10 . 16	$h/t_w = 42,00$	$L_b = 0,0 \text{ cm}$	4028415	5092704	4583434	22380,08	64800
		L = 720 cm			$r = 24 \text{ cm}$	$b/2t_f = 6,250$	$L_p = 220,0 \text{ cm}$					
					$I_x = 47800 \text{ cm}^4$		$L_r = 668,7 \text{ cm}$					
$q_d = 11,601 \text{ kg/cm'}$ $q_l = 15 \text{ kg/cm'}$ $P_d = 0 \text{ kg}$ $P_l = 0 \text{ kg}$	2	Balok Anak Memanjang Lt. 2 - 5										
		B = 375 cm	0	15513,6	WF 350 . 250 . 8 . 12	$h/t_w = 34,00$	$L_b = 0,0 \text{ cm}$	2457274	2833747	2550372	13651,52	34836,48
		L = 720 cm			$r = 20 \text{ cm}$	$b/2t_f = 10,417$	$L_p = 300,8 \text{ cm}$					
					$I_x = 18500 \text{ cm}^4$		$L_r = 903,5 \text{ cm}$					
$q_d = 16,706 \text{ kg/cm'}$ $q_l = 15 \text{ kg/cm'}$ $P_d = 0 \text{ kg}$ $P_l = 0 \text{ kg}$	3	Balok Anak Memanjang Lt. 6 - 8										
		B = 375 cm	500 (Partisi)	18490,8	WF 350 . 250 . 9 . 14	$h/t_w = 30,22$	$L_b = 0,0 \text{ cm}$	2854239	3322858	2990572	15856,88	39657,6
		L = 720 cm			$r = 20 \text{ cm}$	$b/2t_f = 8,929$	$L_p = 304,8 \text{ cm}$					
					$I_x = 18500 \text{ cm}^4$		$L_r = 977,4 \text{ cm}$					
$q_d = 3,19 \text{ kg/cm'}$ $q_l = 0,0 \text{ kg/cm'}$ $P_d = 2007,0 \text{ kg}$ $P_l = 5100 \text{ kg}$	4	Balok Tepi Melintang lt. 1										
		B = 170 cm	250	12098,3	WF 350 . 250 . 8 . 12	$h/t_w = 34,00$	$L_b = 0,0 \text{ cm}$	2250895	2833747	2550372	6720,587	34836,48
		L = 750 cm			$r = 20 \text{ cm}$	$b/2t_f = 10,417$	$L_p = 300,8 \text{ cm}$					
					$I_x = 18500 \text{ cm}^4$		$L_r = 903,5 \text{ cm}$					
$q_d = 3,07 \text{ kg/cm'}$ $q_l = 0,0 \text{ kg/cm'}$ $P_d = 1972,1 \text{ kg}$ $P_l = 2550 \text{ kg}$	5	Balok Tepi Melintang lt. 2 - 5										
		B = 170 cm	250	8381,6	WF 300 . 200 . 8 . 12	$h/t_w = 29,25$	$L_b = 0,0 \text{ cm}$	1467591	2008800	1807920	4603,877	30481,92
		L = 750 cm			$r = 18 \text{ cm}$	$b/2t_f = 8,333$	$L_p = 239,3 \text{ cm}$					
					$I_x = 11300 \text{ cm}^4$		$L_r = 775,5 \text{ cm}$					
$q_d = 10,69 \text{ kg/cm'}$ $q_l = 0,0 \text{ kg/cm'}$ $P_d = 2840,0 \text{ kg}$ $P_l = 2550 \text{ kg}$	6	Balok Tepi Melintang Lt. 6-8										
		B = 170 cm	1000	14627,6	WF 350 . 250 . 8 . 12	$h/t_w = 34,00$	$L_b = 0,0 \text{ cm}$	2306132	2833747	2550372	8555,387	34836,48
		L = 750 cm			$r = 20 \text{ cm}$	$b/2t_f = 10,417$	$L_p = 300,8 \text{ cm}$					
					$I_x = 18500 \text{ cm}^4$		$L_r = 903,5 \text{ cm}$					

Lanjutan

Data Beban	No.	Data Bentang	Dinding	I <sub>minimum</sub> (cm <sup>4</sup> )	Data Profil	Kontrol		Momen (kgcm)			Geser (kg)	
						Penampang	Tekuk Lateral	M <sub>u</sub>	M <sub>n</sub>	φ M <sub>n</sub>	V <sub>u</sub>	φ V <sub>n</sub>
q <sub>d</sub> = 8,137 kg/cm' q <sub>l</sub> = 13,6 kg/cm' P <sub>d</sub> = 0,0 kg P <sub>l</sub> = 0,0 kg	7	Balok Tepi Memanjang Lt. 1										
		B = 170 cm	250	12677,2	WF 350 . 250 . 8 . 12	h/t <sub>w</sub> = 34,00	L <sub>b</sub> = 0,0 cm	2042804	2833747	2550372	11348,91	34836,48
		L = 720 cm			r = 20 cm	b/2t <sub>f</sub> = 10,417	L <sub>p</sub> = 300,8 cm					
					I <sub>x</sub> = 18500 cm <sup>4</sup>		L <sub>r</sub> = 903,5 cm					
q <sub>d</sub> = 8,013 kg/cm' q <sub>l</sub> = 6,8 kg/cm' P <sub>d</sub> = 0,0 kg P <sub>l</sub> = 0,0 kg	8	Balok Tepi Memanjang Lt. 2 - 5										
		B = 170 cm	250	8639,1	WF 300 . 200 . 8 . 12	h/t <sub>w</sub> = 29,25	L <sub>b</sub> = 0,0 cm	1328138	2008800	1807920	7378,546	30481,92
		L = 720 cm			r = 18 cm	b/2t <sub>f</sub> = 8,333	L <sub>p</sub> = 239,2 cm					
					I <sub>x</sub> = 11300 cm <sup>4</sup>		L <sub>r</sub> = 775,5 cm					
q <sub>d</sub> = 15,637 kg/cm' q <sub>l</sub> = 6,8 kg/cm' P <sub>d</sub> = 0,0 kg P <sub>l</sub> = 0,0 kg	9	Balok Tepi Memanjang Lt. 6 - 8										
		B = 170 cm	1000	13085,4	WF 350 . 250 . 8 . 12	h/t <sub>w</sub> = 34,00	L <sub>b</sub> = 0,0 cm	1920980	2833747	2550372	10672,11	34836,48
		L = 720 cm			r = 20 cm	b/2t <sub>f</sub> = 10,417	L <sub>p</sub> = 300,8 cm					
					I <sub>x</sub> = 18500 cm <sup>4</sup>		L <sub>r</sub> = 903,5 cm					
q <sub>d</sub> = 8,595 kg/cm' q <sub>l</sub> = 7,6 kg/cm' P <sub>d</sub> = 0 kg P <sub>l</sub> = 0 kg	10	Balok Tepi Kantilever Dalam										
		B = 190 cm	250	9445,0	WF 300 . 200 . 8 . 12	h/t <sub>w</sub> = 29,25	L <sub>b</sub> = 0,0 cm	1456323	2008800	1807920	8090,683	30481,92
		L = 720 cm			r = 18 cm	b/2t <sub>f</sub> = 8,333	L <sub>p</sub> = 239,3 cm					
					I <sub>x</sub> = 11300 cm <sup>4</sup>		L <sub>r</sub> = 775,5 cm					
q <sub>d</sub> = 8,595 kg/cm' q <sub>l</sub> = 7,6 kg/cm' P <sub>d</sub> = 0 kg P <sub>l</sub> = 0 kg	11	Balok Tepi Trem										
		B = 190 cm	250	9445,0	WF 300 . 200 . 8 . 12	h/t <sub>w</sub> = 29,25	L <sub>b</sub> = 0,0 cm	1456323	2008800	1807920	8090,683	30481,92
		L = 720 cm			r = 18 cm	b/2t <sub>f</sub> = 8,333	L <sub>p</sub> = 239,3 cm					
					I <sub>x</sub> = 11300 cm <sup>4</sup>		L <sub>r</sub> = 775,5 cm					

$q_d = \text{Berat beban pelat} + \text{berat profil perkiraan} + \text{berat dinding}$

$q_l = \text{Berat beban hidup (800 atau 400 kg/cm}^2 \cdot B)$

$P_d = \text{Berat beban mati terpusat dari balok memanjang (} q_d \cdot B)$

$P_l = \text{Berat beban hidup terpusat dari balok memanjang (} q_l \cdot B)$

Berat pelat = 290,92 (termasuk ducting AC + pipa)



# PERANCANGAN STRUKTUR KOMPOSIT GEDUNG PARKIR PASARAYA BLOK-M JAKARTA



## Bab IV DESAIN STRUKTUR UTAMA

- ◆ Pembebanan
- ◆ Perencanaan Balok Utama
- ◆ Perencanaan Kolom Komposit
- ◆ Perencanaan Sambungan
- ◆ Desain Base Plate

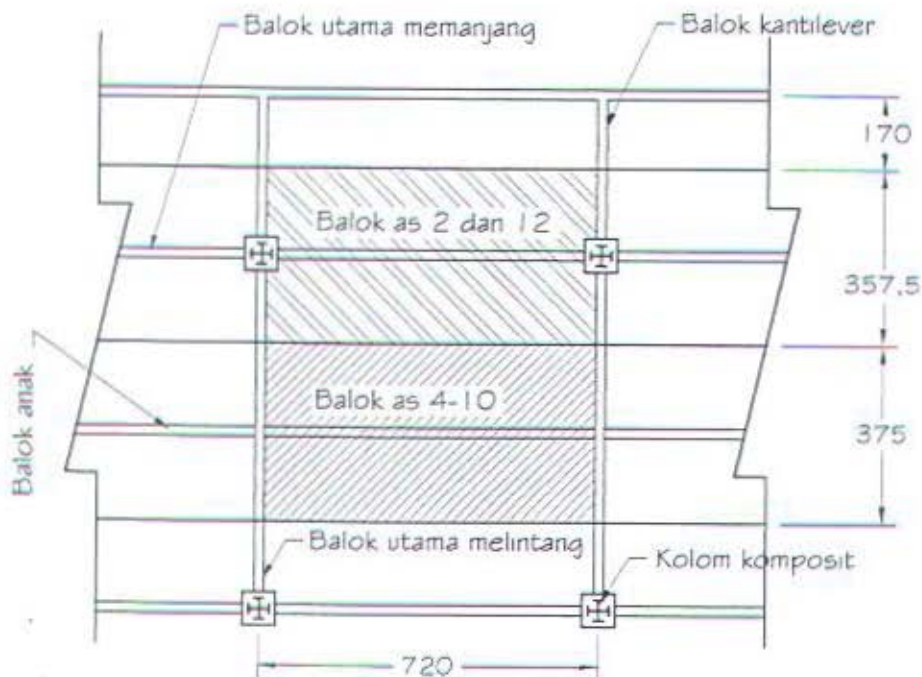
## Bab IV

# DESAIN STRUKTUR UTAMA

### 4.1 Pembebanan

Beban pada struktur utama didapat dari reaksi struktur-struktur pendukung maupun beban yang langsung bekerja pada struktur tersebut. Beban yang langsung bekerja pada struktur utama umumnya merupakan beban merata, sedangkan beban yang berasal dari struktur pendukung berupa beban terpusat dan momen (beban momen pada tugas ini tidak ada karena semua struktur skunder diasumsikan terhubung dengan struktur utama secara sendi atau rol).

Balok utama melintang hanya menerima beban terpusat akibat reaksi dari balok anak memanjang, sedangkan balok utama memanjang menerima beban merata.



Gambar 4.1 Pembagian beban pada pelat



#### 4.1.1 Beban Gravitasi

Beban gravitasi meliputi beban mati (berat sendiri struktur) dan beban hidup yang direncanakan bekerja pada struktur bangunan.

Beban mati pelat lantai.

Beban pelat

$$A_{\text{penampang pelat}} = 0,09644 \text{ m}^2/1,2\text{m}$$

$$A_{\text{penutup pelat}} = 0,02400 \text{ m}^2/1,2\text{m}$$

$$= 0,12044 \text{ m}^2/1,2 \text{ m} \quad (\text{untuk lebar pelat 1,2 meter})$$

Berat pelat per  $\text{m}^2$  dengan lebar 1 m (w)

$$W = \frac{0,12044 \text{ m}^2}{1,2 \text{ m}} \times 2500 \text{ kg/m}^3 = 250,916 \text{ kg/m}^2$$

Berat ducting AC dan pipa	= 40,0	kg/m <sup>2</sup>
Total	= 290,916	kg/m <sup>2</sup>

Untuk beban dinding diambil :

- Beban dinding pasangan  $\frac{1}{2}$  bata = 250 kg/m<sup>2</sup>
- Beban dinding partisi = 125 kg/m<sup>2</sup>

Beban pada balok utama as 2 dan 12

Beban mati (Lt. 1 - 5)

$$\text{Beban pelat} = 290,916 \text{ kg/m}^2 \times 3,575 \text{ m} = 1040,03 \text{ kg/m'}$$

$$\text{Beban hidup} = 400 \text{ kg/m}^2 \times 3,575 \text{ m} = 1430,0 \text{ kg/m'}$$

Beban mati (Lt. 6 - 8)

$$\text{Beban pelat} = 290,916 \text{ kg/m}^2 \times 3,575 \text{ m} = 1040,03 \text{ kg/m'}$$

$$\text{Dinding partisi} = 125 \text{ kg/m}^2 \times 4 \text{ m} = 500,0 \text{ kg/m'}$$

$$\text{Total} = 1540,03 \text{ kg/m'}$$

Beban hidup

$$\text{Lantai 1} = 800 \text{ kg/m}^2 \times 3,575 \text{ m} = 2860,0 \text{ kg/m'}$$

$$\text{Lantai 2 - 8} = 400 \text{ kg/m}^2 \times 3,575 \text{ m} = 1430,0 \text{ kg/m'}$$

Beban pada balok utama as 4 - 10

Beban mati (Lt. 1 - 5)

$$\text{Beban pelat} = 290,916 \text{ kg/m}^2 \times 3,75 \text{ m} = 1090,94 \text{ kg/m'}$$

$$\text{Beban hidup} = 400 \text{ kg/m}^2 \times 3,75 \text{ m} = 1500,0 \text{ kg/m'}$$



Beban mati (Lt. 6 - 8)

Beban pelat	=	$290,916 \text{ kg/m}^2 \cdot 3,75 \text{ m}$	=	$1090,94 \text{ kg/m'}$
Dinding partisi	=	$125 \text{ kg/m}^2 \cdot 4 \text{ m}$	=	$500,0 \text{ kg/m'}$
Total	=		=	$1510,16 \text{ kg/m'}$

Beban hidup

Lantai 1	=	$800 \text{ kg/m}^2 \cdot 3,75 \text{ m}$	=	$3000,0 \text{ kg/m'}$
Lantai 2 - 8	=	$400 \text{ kg/m}^2 \cdot 3,75 \text{ m}$	=	$1500,0 \text{ kg/m'}$

Beban pada balok penyangga tangga as 2 dan 12

Beban mati (Lt. 1 - 8)

Beban pelat	=	$290,916 \text{ kg/m}^2 \cdot 3,575 \text{ m}$	=	$1040,03 \text{ kg/m'}$
Beban merata akibat tangga			=	$1835,1 \text{ kg/m'}$
Total	=		=	$2875,13 \text{ kg/m'}$

Beban hidup

Lantai 1	=	$800 \text{ kg/m}^2 \cdot 3,575 \text{ m}$	=	$2860,0 \text{ kg/m'}$
Lantai 2 - 8	=	$400 \text{ kg/m}^2 \cdot 3,575 \text{ m}$	=	$1430,0 \text{ kg/m'}$

Gaya dari alat transportasi.

Lift (*elevator*) direncanakan menggunakan lift Dover dengan tipe Traction Elevator For High Rise - Pre-Engineered Passangger, dengan data sebagai berikut:

- Kapasitas penumpang 16 orang
- Kecepatan lift 1,75 m/detik
- Kebutuhan ruang minimum 2,03 m x 5,18 m (untuk dua lift)
- Data-data dan ukuran detail dapat dilihat pada lampiran.

Gaya reaksi lift yang ada (termasuk beban kejut) adalah :

$$R_1 = 9400 \text{ kg}$$

$$R_2 = 6050 \text{ kg}$$

Gaya reaksi dari eskalator diperkirakan sebesar  $\pm 2500 \text{ kg/titik reaksi}$ .

Gaya yang merupakan reaksi dari struktur pendukung (*skunder*) ditabelkan pada tabel 4.1.

Tabel 4.1  
PEMBEBANAN PORTAL UTAMA

No.	Pembebanan		Besarnya beban (kg)		
	Keterangan	Jenis	$P_x$	$P_y$	$P_z$
1	Beban akibat reaksi rangka atap untuk kolom melintang atas	B. Mati	-	-	2626,418
		B. Hidup	-	-	797,738
		B. Angin	-	-	- 691,464
2	Beban akibat reaksi rangka atap untuk kolom memanjang tepi atas	B. Mati	590,281	-	288,340
		B. Hidup	263,864	-	123,708
		B. Angin	448,943	-	- 129,895
3	Beban akibat reaksi rangka atap untuk kolom memanjang tepi bawah	B. Mati	- 755,701	-	334,156
		B. Hidup	- 328,036	-	142,412
		B. Angin	- 383,855	-	- 166,644
4	Beban akibat reaksi rangka atap untuk kolom memanjang tengah atas	B. Mati	- 6801,904	-	2187,280
		B. Hidup	- 1090,518	-	605,413
		B. Angin	1216,826	-	- 353,602
5	Beban akibat reaksi rangka atap untuk kolom memanjang tengah 1 bawah	B. Mati	22480,000	-	9812,000
		B. Hidup	5034,384	-	2185,594
		B. Angin	- 4069,520	-	- 1766,714
6	Beban akibat reaksi rangka atap untuk kolom memanjang tengah 2 atas	B. Mati	6204,827	10440,000	1410,077
		B. Hidup	1610,581	2176,046	506,563
		B. Angin	1472,484	- 1453,320	- 392,451
7	Beban akibat reaksi rangka atap untuk kolom memanjang tengah 2 bawah	B. Mati	- 28310,000	- 10440,000	10080,000
		B. Hidup	- 6241,483	- 2176,046	2240,306
		B. Angin	4497,926	1453,528	- 1794,432
8	Beban akibat reaksi tangga	B. merata mati + hidup tanpa faktor			1835,108
		B. Mati *	-	-	3349,367
		B. Hidup**	-	-	2890,000
9	Beban akibat reaksi tangga utama	B. Mati	-	-	3608,745
		B. Mati	-	-	2520,000
10	Beban akibat reaksi balok anak memanjang Lt. 1 tepi	B. Mati	-	-	6257,048
		B. Hidup	-	-	15900,000
11	Beban akibat reaksi balok anak memanjang Lt. 2-5 tepi	B. Mati	-	-	6148,398
		B. Hidup	-	-	7950,000
12	Beban akibat reaksi balok anak memanjang Lt. 6-8 tepi	B. Mati	-	-	8854,048
		B. Hidup	-	-	7950,000
13	Beban akibat reaksi balok anak memanjang Lt. 1 tengah	B. Mati	-	-	8500,140
		B. Hidup	-	-	21600,000
14	Beban akibat reaksi balok anak memanjang Lt. 2 - 5 tengah	B. Mati	-	-	8352,540
		B. Hidup	-	-	10800,000
15	Beban akibat reaksi balok anak memanjang Lt. 6 - 8 tengah	B. Mati	-	-	12028,140
		B. Hidup	-	-	10800,000

\* Beban mati = beban merata \* 3,4 m - beban hidup

\*\* Beban hidup =  $500 \text{ kg/m}^2 * 1,7 \text{ m} * 3,4 \text{ m}$



No.	Pembebanan		Besar beban (kg)		
	Keterangan	Jenis	$P_x$	$P_y$	$P_z$
16	Beban akibat reaksi balok tepi melintang Lt. 1 tepi	B. Mati	-	-	2200,489
		B. Hidup	-	-	2550,000
17	Beban akibat reaksi balok tepi melintang Lt. 2 - 5 tepi	B. Mati	-	-	2136,564
		B. Hidup	-	-	1275,000
18	Beban akibat reaksi balok tepi melintang Lt. 6 - 8 tepi	B. Mati	-	-	5429,489
		B. Hidup	-	-	1275,000
19	Beban akibat reaksi balok tepi melintang Lt. 1 tengah	B. Mati	-	-	4400,978
		B. Hidup	-	-	5100,000
20	Beban akibat reaksi balok tepi melintang Lt. 2 - 5 tengah	B. Mati	-	-	4273,128
		B. Hidup	-	-	2550,000
21	Beban akibat reaksi balok tepi melintang Lt. 6 - 8 tengah	B. Mati	-	-	10858,978
		B. Hidup	-	-	2550,000
22	Beban akibat reaksi balok tepi memanjang Lt. 1 tepi	B. Mati	-	-	2929,428
		B. Hidup	-	-	4896,000
23	Beban akibat reaksi balok tepi memanjang Lt. 2 - 5 tepi	B. Mati	-	-	2884,788
		B. Hidup	-	-	2448,000
24	Beban akibat reaksi balok tepi memanjang Lt. 6 - 8 tepi	B. Mati	-	-	5629,428
		B. Hidup	-	-	2448,000
25	Beban akibat reaksi balok tepi memanjang Lt. 1 tengah	B. Mati	-	-	5858,856
		B. Hidup	-	-	9792,000
26	Beban akibat reaksi balok tepi memanjang Lt. 1 tengah (untuk lift)	B. Mati	-	-	2929,428
		B. Hidup	-	-	4896,000
27	Beban akibat reaksi balok tepi memanjang Lt. 2 - 5 tengah	B. Mati	-	-	5769,576
		B. Hidup	-	-	4896,000
28	Beban akibat reaksi balok tepi memanjang Lt. 6 - 8 tengah	B. Mati	-	-	11258,856
		B. Hidup	-	-	4896,000
29	Beban akibat reaksi balok tepi kantilever dalam	B. Mati	-	-	6188,472
		B. Hidup	-	-	5472,000
30	Beban akibat reaksi balok tepi trem	B. Mati	-	-	6188,472
		B. Hidup	-	-	5472,000
30	Beban akibat reaksi dari lift	B. Mati ( $R_1$ )	-	-	9400,000
		B. Mati ( $R_2$ )	-	-	6050,000
		B. Hidup	-	-	575,000
31	Reaksi akibat eskalator	B. Mati	-	-	1500,000
		B. Hidup***	-	-	900,000

\*\*\* beban hidup eskalator luas tangga  $(1,5 \text{ m} * 7,2 \text{ m}) * 500 \text{ kg/m}^2 / 4$

Semua beban diatas merupakan hasil reaksi dari struktur skunder, bila menjadi beban pada main frame maka nilainya menjadi kebalikannya (dikalikan - 1)



#### 4.1.2 Beban akibat pengaruh suhu

Pengaruh suhu pada gedung disebabkan adanya selisih suhu antara suhu dalam gedung dengan suhu diluar gedung harus diperhitungkan dengan menganggap kemungkinan naik turunnya suhu sebesar  $10^{\circ}\text{C}$ . Pada bangunan ini pengaruh suhu yang diperhitungkan hanya pada arah melintang bangunan.

$$\text{Gradien suhu } (T_g) = \frac{\Delta T}{L_{1/2}} = \frac{10^{\circ}\text{C}}{22,15\text{ m}} = 0,451467^{\circ}\text{C/m}$$

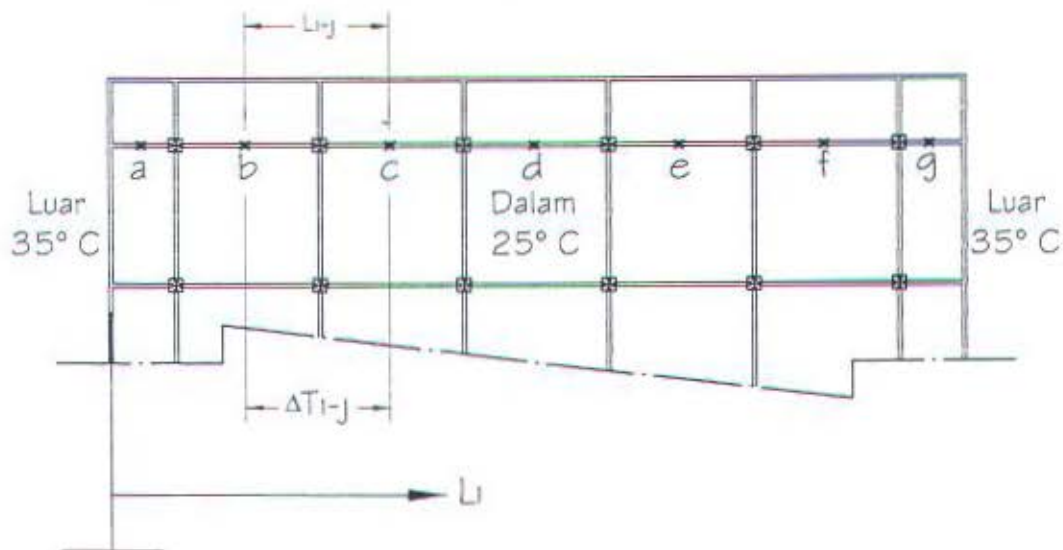
Misalkan suhu di dalam ruangan (di tengah bangunan)  $25^{\circ}\text{C}$  maka suhu diluar  $35^{\circ}\text{C}$ , sehingga suhu pada suatu titik dinyatakan dengan persamaan :

$$T_i = \text{Suhu luar} - (T_g * L_i) \quad (4.1)$$

Dengan peninjauan suhu hanya sampai dengan tengah bangunan saja. Sedangkan selisih suhu pada elemen yang bersebelahan dinyatakan dengan persamaan :

$$\Delta T_{i-j} = T_g * L_{i-j} \quad (4.2)$$

$\Delta T_{i-j}$  akan bernilai positif apabila terjadi kenaikan suhu dan bernilai negatif bila terjadi penurunan suhu.



Gambar 4.2 Perubahan suhu pada elemen balok melintang

Dari gambar 4.2 didapat :

$$\Delta T_{a-luar} = -0,451467^{\circ} \text{C/m} * 1,7 \text{ m} = -0,76749^{\circ} \text{C} \quad (\text{turun})$$

$$\Delta T_{b-a} = -0,451467^{\circ} \text{C/m} * 5,45 \text{ m} = -2,46049^{\circ} \text{C} \quad (\text{turun})$$

$$\Delta T_{c-b} = -0,451467^{\circ} \text{C/m} * 7,5 \text{ m} = -3,38600^{\circ} \text{C} \quad (\text{turun})$$

$$\Delta T_{d-c} = -0,451467^{\circ} \text{C/m} * 7,5 \text{ m} = -3,38600^{\circ} \text{C} \quad (\text{turun})$$

$$\Delta T_{e-d} = 0,451467^{\circ} \text{C/m} * 7,5 \text{ m} = 3,38600^{\circ} \text{C} \quad (\text{naik})$$

$$\Delta T_{f-e} = 0,451467^{\circ} \text{C/m} * 7,5 \text{ m} = 3,38600^{\circ} \text{C} \quad (\text{naik})$$

$$\Delta T_{g-f} = 0,451467^{\circ} \text{C/m} * 5,45 \text{ m} = 2,46049^{\circ} \text{C} \quad (\text{naik})$$

$$\Delta T_{luar-g} = 0,451467^{\circ} \text{C/m} * 1,7 \text{ m} = 0,76749^{\circ} \text{C} \quad (\text{naik})$$

Untuk kantilever bagian dalam, selisih suhu adalah :

$$\Delta T_{kant \text{ kn}} = -0,451467^{\circ} \text{C/m} * 5,625 \text{ m} = -2,53950^{\circ} \text{C} \quad (\text{turun})$$

$$\Delta T_{kant \text{ kr}} = 0,451467^{\circ} \text{C/m} * 5,625 \text{ m} = 2,53950^{\circ} \text{C} \quad (\text{naik})$$

#### 4.1.3 Beban gempa

Untuk mendapatkan gaya horisontal akibat gempa direncanakan menggunakan metode statik ekuivalen menurut peraturan LRFD. Gaya geser dasar dihitung dengan persamaan :

$$V_{maks} = \frac{2,5 C_a I}{R} W_t \quad (4.3)$$

di mana :

$V_{maks}$  = gaya geser rencana maksimum (N)

$C_a$  = koefisien percepatan gempa menurut peraturan yang berlaku.

$I$  = faktor kepentingan struktur menurut peraturan yang berlaku.

$W_t$  = berat mati total struktur + 25% berat hidup rencana struktur atau menurut peraturan yang berlaku (N).

$R$  = faktor modifikasi respons struktur.

Gaya geser per lantai dihitung dengan persamaan :

$$F_i = \frac{W_i h_i}{\sum W_i h_i} * V_{maks} \quad (4.4)$$

Kombinasi beban untuk gempa diambil sesuai dengan persamaan 2.3 - 2.8, kecuali yang tersebut di bawah ini:

$$1,2 D + \gamma L + \Omega_b E_h \quad (4.5)$$

$$0,9 D - \Omega_b E_h \quad (4.6)$$

dengan  $\gamma L = 0,5$  bila  $L < 5$  kPa dan  $\gamma L = 1,0$  bila  $L \geq 5$  kPa, dan  $\Omega_b$  merupakan kuat cadang struktur. Simpangan antar lantai dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$\Delta M = 0,7 R \Delta s \quad (4.7)$$

$\Delta s$  merupakan respons statis simpangan elastis struktur. Simpangan antar lantai dibatasi tidak boleh melebihi 2,5% jarak antar lantai untuk struktur yang mempunyai waktu getar alami ( $T \leq 0,7$  detik dan 2% untuk  $T > 0,7$  detik. Waktu getar alami ( $T$ ) awal dihitung dengan :

$$T = 0,085 H^{3/4} \quad (\text{untuk portal baja}) \quad (4.8)$$

$$T = 0,060 H^{3/4} \quad (\text{untuk portal beton}) \quad (4.9)$$

Setelah direncanakan dengan pasti,  $T$  dihitung dengan persamaan :

$$T = 6,3 \sqrt{\frac{\sum W_i d_i^2}{g \sum F_i d_i}} \quad (4.10)$$

di mana :

- $W_i$  = berat dari seluruh beban vertikal bangunan (kg)
- $F_i$  = gaya gempa horisontal yang bekerja pada tingkat  $i$  (kg)
- $d_i$  = simpangan horisontal pust massa akibat  $F_i$  (kg)
- $g$  = percepatan gravitasi dalam mm/det<sup>2</sup>

Apabila waktu getar alami yang didapat dengan persamaan 4.10 kurang dari 80% waktu getar alami pada persamaan 4.8 dan 4.9 maka beban-beban gempa harus dihitung kembali.

#### Penentuan koefisien percepatan gempa.

Penjepitan lateral efektif struktur gedung berada pada poer dengan kedalaman antara 1 – 1,5 meter. Pada kedalaman ini tanah dasar mempunyai data-data sebagai berikut :

- Nilai SPT (N) = 3 (lanau lempung)
- Kadar air tanah ( $w_c$ ) = 46%
- Berat jenis tanah ( $\gamma_t$ ) = 1,767 gr/cm<sup>3</sup>
- Berat jenis tanah kering ( $\gamma_d$ ) = 1,210 gr/cm<sup>3</sup>
- $q_u$  (Unconfined Compression Test) = 1,3966 kg/cm<sup>2</sup>



Kekuatan geser tanah dihitung dengan persamaan Coulomb :

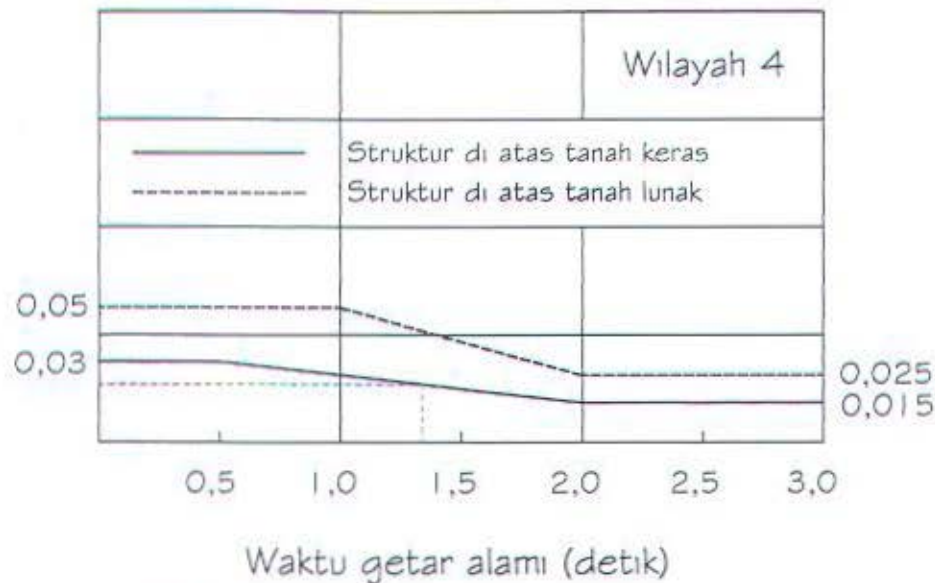
$$\tau = c + \sigma \tan \phi$$

Untuk jenis tanah berbutir halus (lanau lempung) nilai  $\phi = 0^\circ$ , sehingga persamaan kekuatan geser tanah menjadi :

$$\tau = c = \frac{\sigma_1}{2} = \frac{q_u}{2} = \frac{1,3966 \text{ kg/cm}^2}{2} = 0,6983 \text{ kg/cm}^2$$

Kekuatan geser tanah pada kedalaman 1 - 1,5 m adalah sebesar  $0,6983 \text{ kg/cm}^2 > 0,5 \text{ kg/cm}^2$  (termasuk tanah keras).

Bangunan berada di Jakarta yang termasuk wilayah (zone) gempa 4.



Gambar 4.3 Grafik koefisien gempa dasar wilayah 4

Waktu getar alami struktur =  $0,085 * 39,5^{3/4} = 1,33926$  detik

Dari gambar 4.3 didapat nilai  $C_a = 0,02161$

Perencanaan elemen balok dan kolom utama akan dibagi menjadi empat bagian yaitu :

- Balok dan kolom lantai 1
- Balok dan kolom lantai 2 - 5
- Balok dan kolom lantai 8
- Balok dan kolom lantai 9

Perhitungan gempa dan analisa SAP90 struktur utama ada di lampiran.

Tabel 4.2  
GAYA-GAYA MAKSIMUM ELEMEN BANGUNAN  
(Berdasarkan kombinasi 4)

No.	Elemen Batang	Gaya	Lantai											
			1			2 - 5			6 - 8			9		
			Gaya		Joint	Gaya		Joint	Gaya		Joint	Gaya		Joint
			Arah-X	Arah-Y		Arah-X	Arah-Y		Arah-X	Arah-Y		Arah-X	Arah-Y	
1	Kolom utama	Momen (tm)	0,285	19,598	39	0,398	24,534	1639	0,214	8,336	6677	0,231	7,312	8613
		Lintang (t)	0,041	10,758		0,299	16,701		0,061	3,395		0,191	4,821	
		Aksial (t)	610,334			515,932			176,256			66,202		
		Torsi (t)	0,018			0,035			0,022			0,014		
2	Kolom ramp	Momen (tm)	3,264	7,292	83	1,043	11,985	1683	0,022	7,405	5683 (L maks.)	-	-	-
		Lintang (t)	6,271	19,198		0,384	7,655		0,001	1,710		-	-	
		Aksial (t)	531,819			266,453			207,708			-		
		Torsi (t)	0,277			0,069			0,040			-		
3	Balok utama memanjang (termasuk balok ramp)	Momen (tm)	24,239	$M_i =$	1140	14,083	$M_i =$	5156	20,918	$M_i =$	8127	5,359	$M_i =$	9453
		Lintang (t)	20,924	21,543		12,296	13,628		15,656	20,918		1,281	2,929	
		Aksial (t)	-	$M_j =$		-	$M_j =$		-	$M_j =$		-	$M_j =$	
		Torsi (t)	-	24,139		-	14,083		-	15,159		-	1,986	
4	Balok utama melintang (termasuk balok ramp)	Momen (tm)	40,916	$M_i =$	1202	26,541	$M_i =$	5253	31,636	$M_i =$	8203	5,359	$M_i =$	9453
		Lintang (t)	23,250	40,916		14,679	26,541		16,925	31,636		1,281	2,929	
		Aksial (t)	-	$M_j =$		-	$M_j =$		-	$M_j =$		-	$M_j =$	
		Torsi (t)	-	37,473		-	22,013		-	26,799		-	1,986	
5	Balok kantilever (dalam dan luar)	Momen (tm)	71,540	-	1552	56,464	-	5501	75,812	-	7552	-	-	-
		Lintang (t)	32,713	-		16,552	-		31,024	-		-	-	
		Aksial (t)	-	-		-	-		-	-		-	-	
		Torsi (t)	-	-		-	-		-	-		-	-	



Tabel 4.3  
GAYA-GAYA MAKSIMUM ELEMEN BANGUNAN  
(Berdasarkan kombinasi 7)

No.	Elemen Batang	Gaya	Lantai											
			1			2 - 5			6 - 8			9		
			Gaya		Joint	Gaya		Joint	Gaya		Joint	Gaya		Joint
			Arah-X	Arah-Y		Arah-X	Arah-Y		Arah-X	Arah-Y		Arah-X	Arah-Y	
1	Kolom utama	Momen (tm)	1,736	31,091	76	0,876	6,175	1676	1,741	17,357	6677	1,369	12,418	8677
		Lintang (t)	0,614	5,988		0,393	0,537		0,718	6,233		1,097	7,807	
		Aksial (t)	396,799			346,911			137,348			59,063		
		Torsi (t)	0,059			0,101			0,113			0,057		
2	Kolom ramp	Momen (tm)	12,411	31,928	82	2,829	5,695	1682	0,288	10,389	5682 (L maks.)	-	-	-
		Lintang (t)	52,136	79,366		2,870	4,180		0,080	1,972		-	-	
		Aksial (t)	326,749			284,620			136,851			-		
		Torsi (t)	0,904			0,0226			0,129			-		
3	Balok utama memanjang (termasuk balok ramp)	Momen (tm)	11,453	M <sub>i</sub> =	1140	8,345	M <sub>i</sub> =	5156	14,052	M <sub>i</sub> =	8127	4,598	M <sub>i</sub> =	9453
		Lintang (t)	9,827	10,126		7,296	7,385		9,992	14,052		1,150	2,986	
		Aksial (t)	-	M <sub>j</sub> =		-	M <sub>j</sub> =		-	M <sub>j</sub> =		-	M <sub>j</sub> =	
		Torsi (t)	-	11,453		-	8,345		-	9,206		-	2,614	
4	Balok utama melintang (termasuk balok ramp)	Momen (tm)	27,319	M <sub>i</sub> =	1202	23,949	M <sub>i</sub> =	5253	18,920	M <sub>i</sub> =	8203	4,598	M <sub>i</sub> =	9453
		Lintang (t)	13,405	9,837		11,000	3,818		10,499	17,482		1,150	2,986	
		Aksial (t)	-	M <sub>j</sub> =		-	M <sub>j</sub> =		-	M <sub>j</sub> =		-	M <sub>j</sub> =	
		Torsi (t)	-	27,319		-	23,949		-	18,926		-	2,614	
5	Balok kantilever (dalam dan luar)	Momen (tm)	38,292	-	1552	35,698	-	5501	58,790	-	7552	-	-	-
		Lintang (t)	16,873	-		10,533	-		23,021	-		-	-	
		Aksial (t)	-	-		-	-		-	-		-	-	
		Torsi (t)	-	-		-	-		-	-		-	-	



## 4.2 Perencanaan Balok Utama

### Balok Memanjang

Gaya maksimum output dari SAP90 untuk balok lantai 1, balok memanjang nomor elemen 1140 adalah sebagai berikut :

$$M_s = 24,239 \text{ tm} \quad V_u = 20,924 \text{ ton}$$

$$M_a = 21,924 \text{ tm} \text{ (momen pada awal elemen)}$$

$$M_b = 24,139 \text{ tm} \text{ (momen pada akhir elemen)}$$

### Inersia perlu profil

Inersia perlu profil didapat berdasarkan lendutan ijin dari balok yang akan direncanakan. Untuk menghitung lendutan struktur statis tak tentu digunakan persamaan (2.37) :

$$\begin{aligned} \Delta_{ijin} &= \frac{L}{360} = \frac{720 \text{ cm}}{360} \\ &= 2,0 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\Delta = \frac{5L^2}{48EI} [M_s - 0,1(M_a + M_b)]$$

$$2,0 = \frac{5 \cdot 720^2}{48 \cdot 2 \cdot 10^5 \cdot I_x} \cdot [24,239 - 0,1 \cdot (24,139 + 21,543)] \cdot 10^5$$

$$\begin{aligned} I_x &\geq \frac{5 \cdot 720^2}{2 \cdot 48 \cdot 2 \cdot 10^5} \cdot [24,239 - 0,1 \cdot (21,543 + 24,139)] \cdot 10^5 \\ &\geq 26555,58 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

Di coba menggunakan profil WF 450.200.9.14

$$\text{Dengan data : } r = 18,0 \text{ mm} \quad I_x = 33500 \text{ cm}^4$$

$$i_x = 18,6 \text{ cm} \quad i_y = 4,40 \text{ cm}$$

### Kontrol Penampang

#### a. Badan penampang

$$\left. \begin{aligned} \frac{h}{t_w} &= \frac{450 - 2 \cdot (14 + 18)}{0,9} = 42,89 \\ \lambda_r &= \frac{665}{\sqrt{f_y}} = \frac{665}{\sqrt{240}} = 42,95 \end{aligned} \right\} \frac{h}{t_w} < \lambda_r$$

b. Sayap penampang

$$\left. \begin{aligned} \frac{b}{2t_f} &= \frac{200}{2 \cdot 14} = 7,14 \\ \lambda_r &= \frac{250}{\sqrt{f_y}} = \frac{250}{\sqrt{240}} = 16,14 \end{aligned} \right\} \frac{b}{2t_f} < \lambda_r$$

*Jenis penampang kompak*

### Kontrol Lateral Buckling

Sayap balok diasumsikan tidak dapat bergerak karena tersambung kaku dengan pelat lantai melalui shear connector.

Sehingga :  $L_b = 0$  cm

$$\begin{aligned} L_p &= 1,76 \cdot i_y \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 1,76 \cdot 4,40 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot 10^5}{240}} \\ &= 223,55 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$L_p > L_b \quad (\text{Jenis bentang pendek})$$

Untuk penampang kompak dan bentang pendek kuat lentur nominal penampang ditentukan sebesar :

$$M_n = M_p$$

$$\text{Dari tabel didapat } M_{px} = 3938614 \text{ kgcm} = 39,386 \text{ tm}$$

$$M_u \leq \phi M_{px}$$

$$24,239 \text{ tm} \leq 0,9 \cdot 39,386 \text{ tm}$$

$$24,239 \text{ tm} \leq 35,447 \text{ tm} \quad (\text{OK})$$

### Kontrol Geser Penampang

Untuk profil I

$$\left. \begin{aligned} \frac{h}{t_w} &= \frac{500 - 2 \cdot (20 + 16)}{10} = 42,8 \\ 6,36 \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}} &= 6,36 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot 10^5}{240}} = 183,6 \end{aligned} \right\} \frac{h}{t_w} \leq 6,36 \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

*Tidak memerlukan pengaku vertikal pelat badan*

$$K_n = 5 + \frac{5}{\left(\frac{a}{h}\right)^2} \quad \text{Tidak memakai pengaku vertikal } (K_n = 5)$$

Geser nominal

$$1,10 * \sqrt{\frac{K_n * E}{f_y}} = 1,10 * \sqrt{\frac{5 * 2 * 10^5}{240}} = 71,005$$

$$\therefore \frac{h}{t_w} \leq 1,10 * \sqrt{\frac{K_n * E}{f_y}} \quad \text{Jenis pelat tebal}$$

$$\begin{aligned} \text{maka : } V_n &= 0,6 * f_y * A_w \quad (A_w = d * t_w) \\ &= 0,6 * 2400 * (45 * 0,9) \\ &= 58320 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$V_u \leq 0,9 * V_n$$

$$20,924 \text{ ton} \leq 0,9 * 58,32 \text{ ton}$$

$$20,924 \text{ kg} \leq 52,488 \text{ ton} \quad (\text{OK})$$

#### Shear connector

Untuk mengikat pelat lantai ke balok maka dipasang penghubung geser (*shear connector*) praktis pada sayap balok, penghubung geser ini juga berfungsi untuk mencegah terjadinya tekuk lokal (*local buckling*) pada sayap ataupun badan balok, karena pelat lantai sekaligus menjadi pengaku balok.

Syarat-syarat penghubung geser :

- Selimut beton lateral  $\geq 25 \text{ mm}$ , kecuali yang dipasang pada dek baja.
- Diameter stad  $\leq 2,5 t_f$
- Spasi longitudinal stad  $\geq 6d$
- Spasi lateral stad  $\geq 4d$
- Panjang stad  $\geq 4d$
- Spasi longitudinal penghubung geser  $\leq 8 t_s$

Dari syarat-syarat di atas maka pada balok (balok anak maupun balok utama) akan dipasang penghubung geser jenis stad dengan ukuran :

- Tinggi penghubung geser 7 cm (tebal beton + penutup lantai = 12 cm)
- Diameter stad 10 mm
- Jarak spasi antar stad 50 cm

*Perhitungan balok lainnya di tabelkan*



Tabel 4.4  
DESAIN BALOK MEMANJANG  
(Berdasarkan kombinasi 4)

E = 2000000 kg/cm<sup>2</sup>

No.	L (cm)	Momen (tm)	I (cm <sup>4</sup> )	Data Profil	Kontrol		Momen (tm)			Geser (t)	
					Penampang	Tekuk Lateral	M <sub>u</sub>	M <sub>n</sub>	ϕ M <sub>n</sub>	V <sub>u</sub>	ϕ V <sub>n</sub>
Balok utama memanjang lantai 1											
1	720	M <sub>s</sub> = 24,239	26555,58	WF 450 . 200 . 9 . 14	h/t <sub>w</sub> = 42,89	L <sub>b</sub> = 0,0 cm	24,239	39,386	35,447	20,924	52,488
		M <sub>a</sub> = 21,543		r = 18 cm	b/2t <sub>f</sub> = 7,14	L <sub>p</sub> = 223,6 cm					
		M <sub>b</sub> = 24,139		I <sub>x</sub> = 33500 cm <sup>4</sup>		L <sub>r</sub> = 666,4 cm					
Balok utama memanjang lantai 2 - 5											
2	720	M <sub>s</sub> = 14,083	15271,07	WF 400 . 200 . 8 . 13	h/t <sub>w</sub> = 42,75	L <sub>b</sub> = 0,0 cm	14,083	31,268	28,141	12,296	41,472
		M <sub>a</sub> = 13,628		r = 16 cm	b/2t <sub>f</sub> = 7,69	L <sub>p</sub> = 230,7 cm					
		M <sub>b</sub> = 14,083		I <sub>x</sub> = 23700 cm <sup>4</sup>		L <sub>r</sub> = 683,9 cm					
Balok utama memanjang lantai 6 - 8											
3	720	M <sub>s</sub> = 20,918	23368,91	WF 400 . 200 . 8 . 13	h/t <sub>w</sub> = 42,75	L <sub>b</sub> = 0,0 cm	20,918	31,268	28,141	15,656	41,472
		M <sub>a</sub> = 20,918		r = 16 cm	b/2t <sub>f</sub> = 7,69	L <sub>p</sub> = 230,7 cm					
		M <sub>b</sub> = 15,159		I <sub>x</sub> = 23700 cm <sup>4</sup>		L <sub>r</sub> = 683,9 cm					
Balok utama memanjang lantai 9											
4	720	M <sub>s</sub> = 5,359	6571,13	WF 300 . 200 . 8 . 12	h/t <sub>w</sub> = 29,25	L <sub>b</sub> = 0,0 cm	5,359	20,088	18,079	1,281	30,482
		M <sub>a</sub> = 2,929		r = 18 cm	b/2t <sub>f</sub> = 8,33	L <sub>p</sub> = 239,3 cm					
		M <sub>b</sub> = 1,986		I <sub>x</sub> = 11300 cm <sup>4</sup>		L <sub>r</sub> = 775,5 cm					

Tabel 4.5  
DESAIN BALOK MELINTANG  
(Berdasarkan kombinasi 4)

E = 2000000 kg/cm<sup>2</sup>

No.	L (cm)	Momen (tm)	I (cm <sup>4</sup> )	Data Profil	Kontrol		Momen			Geser (kg)	
					Penampang	Tekuk Lateral	M <sub>u</sub>	M <sub>n</sub>	ϕ M <sub>n</sub>	V <sub>u</sub>	ϕ V <sub>n</sub>
Balok utama melintang lantai 1											
5	750	M <sub>s</sub> = 40,916	46514,67	WF 500 . 200 . 10 . 16	h/t <sub>w</sub> = 42,80	L <sub>b</sub> = 0,0 cm	40,916	50,927	45,834	23,250	64,8
		M <sub>a</sub> = 40,916		r = 20 cm	b/2t <sub>f</sub> = 6,25	L <sub>p</sub> = 220,0 cm					
		M <sub>b</sub> = 37,473		I <sub>x</sub> = 47800 cm <sup>4</sup>		L <sub>r</sub> = 668,7 cm					
Balok utama melintang lantai 2 - 5											
6	750	M <sub>s</sub> = 26,541	30495,38	WF 450 . 200 . 9 . 14	h/t <sub>w</sub> = 42,89	L <sub>b</sub> = 0,0 cm	26,541	39,386	35,447	14,679	52,488
		M <sub>a</sub> = 26,541		r = 18 cm	b/2t <sub>f</sub> = 7,14	L <sub>p</sub> = 223,6 cm					
		M <sub>b</sub> = 22,013		I <sub>x</sub> = 33500 cm <sup>4</sup>		L <sub>r</sub> = 666,4 cm					
Balok utama melintang lantai 6 - 8											
7	750	M <sub>s</sub> = 31,636	36270,70	WF 500 . 200 . 10 . 16	h/t <sub>w</sub> = 42,80	L <sub>b</sub> = 0,0 cm	31,636	50,927	45,834	16,925	64,8
		M <sub>a</sub> = 31,636		r = 20 cm	b/2t <sub>f</sub> = 6,25	L <sub>p</sub> = 220,0 cm					
		M <sub>b</sub> = 26,799		I <sub>x</sub> = 47800 cm <sup>4</sup>		L <sub>r</sub> = 668,7 cm					
Balok utama melintang lantai 9											
8	750	M <sub>s</sub> = 5,359	6844,92	WF 300 . 200 . 8 . 12	h/t <sub>w</sub> = 29,25	L <sub>b</sub> = 0,0 cm	5,359	20,088	18,079	1,281	30,482
		M <sub>a</sub> = 2,929		r = 18 cm	b/2t <sub>f</sub> = 8,33	L <sub>p</sub> = 239,3 cm					
		M <sub>b</sub> = 1,986		I <sub>x</sub> = 11300 cm <sup>4</sup>		L <sub>r</sub> = 775,5 cm					

Tabel 4.6  
DESAIN BALOK KANTILEVER  
(Berdasarkan kombinasi 4)

$$E = 2000000 \text{ kg/cm}^2$$

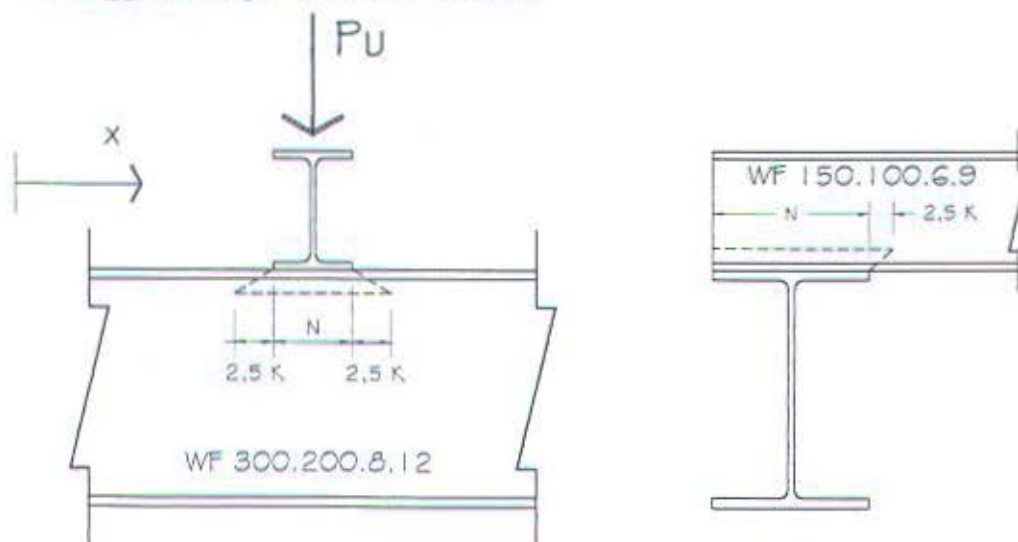
No.	L (cm)	Momen (tm)	I (cm <sup>4</sup> )	Data Profil	Kontrol		Momen			Geser (kg)	
					Penampang	Tekuk Lateral	M <sub>u</sub>	M <sub>n</sub>	ϕ M <sub>n</sub>	V <sub>u</sub>	ϕ V <sub>n</sub>
Balok kantilever lantai 1											
9	720	M <sub>s</sub> = 71,54	-	WF 600 . 200 . 13 . 23	h/t <sub>w</sub> = 40,15	L <sub>b</sub> = 0,0 cm	71,54	91,946	82,751	32,713	103,1098
		r = 22 cm		b/2t <sub>f</sub> = 4,35	L <sub>p</sub> = 219,0 cm						
		I <sub>x</sub> = 103000 cm <sup>4</sup>			L <sub>r</sub> = 715,7 cm						
Balok kantilever lantai 2 - 5											
10	720	M <sub>s</sub> = 56,464	-	WF 500 . 300 . 11 . 15	h/t <sub>w</sub> = 36,36	L <sub>b</sub> = 0,0 cm	56,464	64,730	58,257	16,552	68,71392
		r = 26 cm		b/2t <sub>f</sub> = 10,00	L <sub>p</sub> = 346,5 cm						
		I <sub>x</sub> = 60400 cm <sup>4</sup>			L <sub>r</sub> = 1018,5 cm						
Balok kantilever lantai 6 - 8											
11	720	M <sub>s</sub> = 75,812	-	WF 600 . 200 . 13 . 23	h/t <sub>w</sub> = 40,15	L <sub>b</sub> = 0,0 cm	75,812	91,946	82,751	31,024	103,1098
		r = 22 cm		b/2t <sub>f</sub> = 4,35	L <sub>p</sub> = 219,0 cm						
		I <sub>x</sub> = 103000 cm <sup>4</sup>			L <sub>r</sub> = 715,7 cm						



### Kontrol pelat badan

Pada balok lift, profil baja harus dikontrol terhadap kerusakan yang diakibatkan oleh penumpuan balok lift pada balok utama.

Balok lift menggunakan profil WF 150.100.6.9 dan balok utama penumpu menggunakan profil WF 300.200.8.12



Gambar 4.4 Penumpuan balok lift pada balok utama

#### a. Lentur lokal pelat sayap

$$\begin{aligned} R_b &= 6,25 t_f^2 f_y \\ &= 6,25 * (0,9)^2 * 2400 \text{ kg/cm}^2 \quad (t_f \text{ minimum} = 9 \text{ mm}) \\ &= 12150 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$R_u \leq 0,9 R_b$$

$$9400 \text{ kg} \leq 0,9 12150 \text{ kg} = 10935 \text{ kg} \quad (\text{OK})$$

Bila terjadi lentur lokal pelat sayap, sayap diberi pengaku (*stiffner*) dengan  $h_s \geq h_{\text{profil}}$ .

#### b. Leleh lokal pelat badan

Balok penumpu

Jarak profil penumpu (x) = 180 cm (dari pinggir)

Tinggi profil (d) = 30 cm

Karena  $x > d$ , maka :

$$\begin{aligned} R_b &= (5k + N) f_y t_w \quad k = t_f + r = 8 + 12 = 20 \text{ mm} \\ &= (5 * 2,0 + 10) * 2400 * 1,2 \\ &= 57600 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$R_u \leq 1,0 R_b$$

$$9400 \text{ kg} \leq 1,0 * 57600 \text{ kg} = 57600 \text{ kg} \quad (\text{OK})$$

Balok lift

$$\text{Jarak profil penumpu (x)} = \frac{1}{2} * 10 \text{ cm} = 5 \text{ cm (dari pinggir)}$$

$$\text{Tinggi profil (d)} = 15 \text{ cm}$$

Karena  $x < d$ , maka :

$$\begin{aligned} R_b &= (2,5k + N) f_y t_w \quad k = t_f + r = 6 + 9 = 15 \text{ mm} \\ &= (2,5 * 2,0 + 10) * 2400 * 0,6 \\ &= 21600 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$R_u \leq 1,0 R_b$$

$$9400 \text{ kg} \leq 1,0 * 21600 \text{ kg} = 21600 \text{ kg} \quad (\text{OK})$$

c. Tekuk lipat pelat badan

Untuk balok penumpu

$$x \geq \frac{1}{2} d = \frac{1}{2} * 30 = 15 \text{ cm}$$

$$\frac{N}{d} = \frac{100}{300} = 0,25$$

sehingga kekuatan nominal terhadap lipat pelat badan dihitung menggunakan persamaan berikut :

$$\begin{aligned} R_b &= 0,79 t_w^2 \left[ 1 + 3 \left( \frac{N}{d} \right) \left( \frac{t_w}{t_f} \right)^{1,5} \right] \sqrt{\frac{E f_y t_f}{t_w}} \\ &= 0,79 * 0,8^2 \left[ 1 + 3(0,25) * \left( \frac{0,8}{1,2} \right)^{1,5} \right] \sqrt{\frac{2 * 10^5 * 2400 * 1,2}{0,8}} \\ &= 19105,242 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$R_u \leq 0,75 R_b$$

$$9400 \text{ kg} \leq 0,75 * 19105,242 \text{ kg} = 14328,932 \text{ kg} \quad (\text{OK})$$

Untuk balok lift

$$x < \frac{1}{2} d = \frac{1}{2} * 40 = 20 \text{ cm}$$

$$\frac{N}{d} = \frac{200}{150} = 1,333$$

sehingga kekuatan nominal terhadap lipat pelat badan dihitung menggunakan persamaan berikut :

$$\begin{aligned}
 R_b &= 0,39 t_w^2 \left[ 1 + \left( 4 \left( \frac{N}{d} \right) - 0,2 \right) \left( \frac{t_w}{t_f} \right)^{1,5} \right] \sqrt{\frac{E f_y t_f}{t_w}} \\
 &= 0,39 * 0,6^2 \left[ 1 + (4(1,33) - 0,2) * \left( \frac{0,6}{0,9} \right)^{1,5} \right] \sqrt{\frac{2 * 10^5 * 2400 * 0,9}{0,6}} \\
 &= 14291,382 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$R_u \leq 0,75 R_b$$

$$9400 \text{ kg} \leq 0,75 * 14291,382 \text{ kg} = 10718,537 \text{ kg} \quad (\text{OK})$$

d. Tekuk lateral pelat badan

Diasumsikan pelat sayap tidak di kekang terhadap rotasi

$$\frac{h/t_w}{L/b_f} = \frac{(294 - 2 * 20)/6}{3400/200} = 2,49 \geq 2,3$$

Tekuk lateral pelat badan tidak perlu di kontrol

e. Tekuk lentur pelat badan

Untuk balok penumpang

$$\begin{aligned}
 R_b &= 24,08 \frac{t_w^3}{h} \sqrt{E f_y} \\
 &= 24,08 * \frac{0,8^3}{(30 - 2 * 2)} * \sqrt{2 * 10^6 * 2400} = 32852,9 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$R_u \leq 0,9 R_b$$

$$9400 \text{ kg} \leq 0,9 * 32852,90 \text{ kg} = 29567,610 \text{ kg} \quad (\text{OK})$$

Untuk balok lift

$$\begin{aligned}
 R_b &= 24,08 \frac{t_w^3}{h} \sqrt{E f_y} \\
 &= 24,08 * \frac{0,6^3}{(15 - 2 * 1,5)} * \sqrt{2 * 10^6 * 2400} = 30029,604
 \end{aligned}$$

$$R_u \leq 0,9 R_b$$

$$9400 \text{ kg} \leq 0,9 * 30029,604 \text{ kg} = 27026,644 \text{ kg} \quad (\text{OK})$$

*Profil dapat digunakan tanpa penambahan pengaku vertikal.*



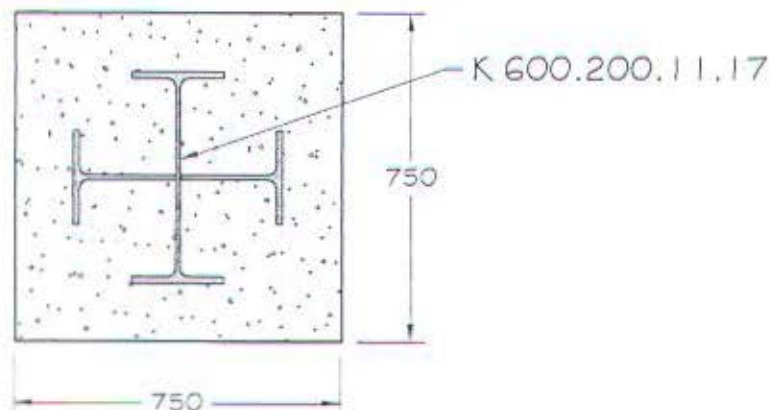
### 4.3 Perencanaan Kolom Komposit

Gaya-gaya maksimum output SAP90 untuk perencanaan kolom komposit lantai 1 nomor elemen 78 kombinasi 4 adalah sebagai berikut :

- Aksial = 610,334 ton
- Momen :  $M_x = 0,285 \text{ tm}$        $M_y = 19,598 \text{ tm}$
- Geser :  $V_x = 0,041 \text{ ton}$        $V_y = 10,758 \text{ ton}$

Kolom komposit direncanakan menggunakan profil baja WF rangkap type K 600.200.11.17 dengan lebar penampang beton 750 x 750 mm, data profil sebagai berikut :

Data profil :  $A_s = 268,80 \text{ cm}^2$        $b = d = 750 \text{ mm}$   
 $i_x = 17,24 \text{ cm}$        $i_y = 17,24 \text{ cm}$   
 $I_x = 79880,0 \text{ cm}^4$        $I_y = 83229,0 \text{ cm}^4$   
 $Z_x = 3249,20 \text{ cm}^3$        $Z_y = 3320,84 \text{ cm}^3$



Gambar 4.5 Profil WF rangkap

Kontrol luas penampang

$$\frac{A_s}{A_c} = \frac{268,80 \text{ cm}^2}{75 \text{ cm} \cdot 75 \text{ cm}} \cdot 100\% = 4,778\% \geq 4\% \quad (\text{OK})$$

Untuk kolom baja terselubung beton harus diberi tulangan longitudinal dan lateral minimum sebesar  $0,18 \text{ mm}^2/\text{spasi tulangan}$ .

$$\text{Jarak spasi tulangan} = 750 - (2 \cdot 62,5) = 625 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas tulangan longitudinal } (A_r) &= 4 \cdot \left( \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 2,5^2 \right) \\ &= 19,635 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$A_r \text{ minimum} = 0,18 \cdot 625 \text{ mm} = 112,5 \text{ mm}^2 < A_r \quad (\text{OK})$$

Untuk tulangan sengkang dipasang sengkang  $\varnothing 10 - 300 \text{ mm}$

$$\text{Luas tulangan sengkang} = \frac{1}{4} \pi 10^2 = 78,5398 \text{ mm}$$

$$\text{Luas sengkang minimum} = 0,18 * 300 \text{ mm} = 54 \text{ mm}^2 < 78,54 \text{ (OK)}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas penampang bersih } (A_{cn}) &= (75 * 75) - (268,80 + 19,635) \\ &= 5336,565 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Untuk profil baja yang diberi selubung beton :

$$c_1 = 0,7 \quad ; \quad c_2 = 0,6 \quad ; \quad c_3 = 0,2$$

$$\begin{aligned} f_{my} &= f_y + c_1 f_{yr} \frac{A_r}{A_s} + c_2 f_c' \frac{A_{cn}}{A_s} \\ &= 240 + 0,7 * 380 * \frac{19,635}{268,8} + 0,6 * 40 * \frac{5336,565}{268,8} \\ &= 735,909 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} E_c &= 0,041 w^{1,5} \sqrt{f_c'} = 0,041 * 2400^{1,5} \sqrt{40} \\ &= 30488,125 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$E_s = 200000 \text{ MPa}$$

$$\begin{aligned} E_m &= E_s + c_3 E_c \frac{A_{cn}}{A_s} \\ &= 2 * 10^5 + 0,2 * 30488,125 * \frac{5336,565}{268,8} \\ &= 321057,932 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$r_m = 0,3 b = 0,3 * 75 \text{ cm} = 22,5 \text{ cm} \geq i_y \text{ (dipakai } r_m)$$

Kuat nominal aksial kolom komposit

Panjang efektif kolom

- Balok memanjang menggunakan profil WF 450.200.9.14

$$I_x = 33500 \text{ cm}^4 \quad L_{balok} = 720 \text{ cm}$$

- Balok melintang menggunakan profil WF 500.200.10.16

$$I_x = 47800 \text{ cm}^4 \quad L_{balok} = 750 \text{ cm}$$

Bagian dasar kolom dijepit sehingga nilai  $G_{KB} = 1,0$

$$G_{KAx} = \frac{\sum \left( \frac{I_x}{L} \right)_{kolom}}{\sum \left( \frac{I_x}{L} \right)_{balok}} = \frac{2 * \left( \frac{79880}{300} \right)}{2 * \left( \frac{33500}{720} \right)} = 5,723$$

$$G_{kAy} = \frac{\sum \left( \frac{I_y}{L} \right)_{kolom}}{\sum \left( \frac{I_y}{L} \right)_{balok}} = \frac{2 * \left( \frac{83229}{300} \right)}{2 * \left( \frac{47800}{750} \right)} = 4,353$$

Jenis rangka tidak berpengaku (*unbraced frame*), dari nomograf didapat nilai

$$K_x = 1,73 \text{ dan } K_y = 1,65 \text{ (} K_x \text{ menentukan)}$$

$$\begin{aligned} \lambda_c &= \frac{KL}{r_m} \sqrt{\frac{f_{my}}{E_m}} & KL &= 1,73 * 300 = 519 \text{ cm} \\ &= \frac{519 \text{ cm}}{22,5 \text{ cm}} * \sqrt{\frac{735,909 \text{ MPa}}{321057,932 \text{ MPa}}} & &= 1,1043 \\ &0,25 < \lambda_c < 1,2 \end{aligned}$$

$$\omega = \frac{1,43}{1,6 - 0,67 \lambda_c} = \frac{1,43}{1,6 - 0,67 * 1,1043} = 1,66256$$

$$f_{cr} = \frac{f_{my}}{\omega} = \frac{735,909 \text{ MPa}}{1,66256} = 442,636 \text{ MPa}$$

$$\begin{aligned} P_n &= A_s f_{cr} \\ &= (268,8 * 10^2) \text{ mm}^2 * 442,636 \text{ MPa} \\ &= 11898052,54 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi P_n &= 0,85 P_n \\ &= 0,85 * 11898052,54 \text{ N} = 10113344,66 \text{ N} \\ &= 1030,922 \text{ ton} \end{aligned}$$

Diasumsikan bahwa semua beban desain kolom  $\phi P_n$  diaplikasikan sekaligus pada kolom komposit yang dihitung diatas dan luas beton penumpu lebih lebar daripada luas daerah pembebanan.

$$\begin{aligned} \phi P_{ns} &= 0,85 A_s f_y \\ &= 0,85 * (268,8 * 10^2) \text{ mm}^2 * 240 \text{ MPa} \\ &= 5483520 \text{ N} \end{aligned}$$

Beban tekan desain yang dipikul langsung oleh beton  $\phi P_{nc}$  yang harus di transfer melalui tumpuan langsung pada sambungan adalah :

$$\begin{aligned} \phi P_{nc} &= \phi P_n - \phi P_{ns} \\ &= 10113344,66 \text{ N} - 5483520 \text{ N} \\ &= 4629824,66 \text{ N} \end{aligned}$$



Syarat yang harus dipenuhi  $\phi P_{nc} \leq 1,7 \phi f'_c A_b$ ,  $\phi = 0,85$ , sehingga :

$$A_b \geq \frac{\phi P_{nc}}{1,7 \phi f'_c} = \frac{4629824,66 \text{ N}}{1,7 * 0,85 * 40 \text{ MPa}}$$

$$A_b \geq 80100,773 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Luas beton kolom (A}_{cn}) &= 5336,565 \text{ cm}^2 \\ &= 533656,5 \text{ mm}^2 \geq A_b \quad (\text{OK}) \end{aligned}$$

Kuat nominal momen kolom komposit

$$\begin{aligned} \text{Luas badan profil (A}_w) &= 11 * (600 - 2 * 17) + 11 * (600 - (11 + 2 * 17)) \\ &= 12331 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Tebal selimut (c}_t) = \frac{1}{2} (750 - (600 + 2 * 10)) = 65 \text{ mm}$$

$$h_1 = h_2 = 750 \text{ mm}$$

$$\frac{P_u}{\phi P_n} = \frac{610,334 \text{ ton}}{1030,922 \text{ kg}} = 0,59203$$

$$\frac{P_u}{\phi P_n} \geq 0,3 \quad ; \quad \text{momen nominal penampang komposit adalah:}$$

$$\begin{aligned} M_{nx} &= Z_x f_y + \frac{1}{3} (h_2 - 2c_t) A_r f_{yr} + \left( \frac{h_2}{2} - \frac{A_w f_y}{1,7 f'_c h_1} \right) A_w f_y \\ &= 3,2492 * 10^6 * 240 + \frac{1}{3} * (750 - 2 * 65) * (19,635 * 10^2) * 380 \\ &\quad + \left( \frac{750}{2} - \frac{12331 * 240}{1,7 * 40 * 750} \right) * 12331 * 240 \\ &= 1872067119 \text{ Nmm} \\ &= 190,832 \text{ tm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{ny} &= Z_y f_y + \frac{1}{3} (h_2 - 2c_t) A_r f_{yr} + \left( \frac{h_2}{2} - \frac{A_w f_y}{1,7 f'_c h_1} \right) A_w f_y \\ &= 3,32084 * 10^6 * 240 + \frac{1}{3} * (750 - 2 * 65) * (19,635 * 10^2) * 380 \\ &\quad + \left( \frac{750}{2} - \frac{12331 * 240}{1,7 * 40 * 750} \right) * 12331 * 240 \\ &= 1889260719 \text{ Nmm} \\ &= 192,585 \text{ tonm} \end{aligned}$$

Kontrol beban kombinasi

$$\frac{P_u}{\phi P_n} > 0,2 \quad ; \quad \text{interaksi aksial lentur dihitung sebagai :}$$

$$\frac{P_u}{\phi P_n} + \frac{8}{9} \left( \frac{M_{ux}}{\phi M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{\phi M_{ny}} \right) \leq 1,0$$

$$\frac{610,334}{1030,922} + \frac{8}{9} \left( \frac{0,285}{0,85 \cdot 190,832} + \frac{19,598}{0,85 \cdot 192,585} \right) \leq 1,0$$

$$0,70 \leq 1,0 \quad (\text{OK})$$

*Komposit K 600.200.11.17 dengan beton 750 x 750 mm  
dapat digunakan untuk elemen kolom*

#### 4.4 Perencanaan Sambungan

##### 4.4.1 Sambungan Balok Memanjang-Kolom

Sambungan balok kolom direncanakan menggunakan baut mutu tinggi (BJ 50). Untuk lantai 1 direncanakan sambungan pada elemen balok 1140 joint 40 dengan gaya-gaya sebagai berikut :

- $V_u = 9803 \text{ kg}$  (kombinasi 9)
- $M_{ua} = -24239 \text{ kgm}$      $M_{ub} = -21543 \text{ kgm}$  (kombinasi 4)

Momen lentur rencana sambungan berdasarkan kemampuan lentur balok. Elemen-elemen sambungan :

- Balok memanjang menggunakan WF 450.200.9.14

$$M_p = 39386,14 \text{ kgm}$$

- Kolom K 600.200.11.17

$$M_{u \text{ balok}} = 1,1 R_y M_p$$

$$= 1,1 \cdot 1,5 \cdot 39386,14 \text{ kgm} = 64987,131 \text{ kgm}$$

$$M_{u \text{ balok}} > M_u \quad (\text{dipakai } M_u)$$

*Gambar 4.6 Gaya geser akibat momen ujung balok*

Tabel 4.7  
PERENCANAAN KOLOM KOMPOSIT  
(Berdasarkan kombinasi 4)

$f_y$	=	240 Mpa	$c_1$	=	0,7
$f_c$	=	40 Mpa	$c_2$	=	0,6
$f_{yt}$	=	380 Mpa	$c_3$	=	0,2
$E_c$	=	30488 Mpa			
$E_s$	=	200000 Mpa			

Kolom	Lantai 1	Lantai 2 - 5	Lantai 6 - 8	Lantai 9
Data beban	$P_u = 610,334 \text{ ton}$ $M_{ux} = 0,285 \text{ tm}$ $M_{uy} = 19,598 \text{ tm}$	$P_u = 515,932 \text{ ton}$ $M_{ux} = 0,398 \text{ tm}$ $M_{uy} = 24,534 \text{ tm}$	$P_u = 176,256 \text{ ton}$ $M_{ux} = 0,214 \text{ tm}$ $M_{uy} = 8,336 \text{ tm}$	$P_u = 66,202 \text{ ton}$ $M_{ux} = 0,231 \text{ tm}$ $M_{uy} = 4,821 \text{ tm}$
Data profil	600 200 11 17 $A_s = 268,8 \text{ cm}^2$ $Z_x = 3249,20 \text{ cm}^3$ $Z_y = 3320,84 \text{ cm}^3$	500 200 10 16 $A_s = 228,4 \text{ cm}^2$ $Z_x = 2453,66 \text{ cm}^3$ $Z_y = 2509,06 \text{ cm}^3$	450 200 9 14 $A_s = 193,52 \text{ cm}^2$ $Z_x = 1929,63 \text{ cm}^3$ $Z_y = 1971,93 \text{ cm}^3$	400 200 8 13 $A_s = 168,24 \text{ cm}^2$ $Z_x = 1568,84 \text{ cm}^3$ $Z_y = 1601,60 \text{ cm}^3$
Dimensi Beton	$h_1 = 75,0 \text{ cm}$ $h_2 = 75,0 \text{ cm}$ $A_{cn} = 5336,6 \text{ cm}^2$ $\xi = 4,779 \%$	$h_1 = 75,0 \text{ cm}$ $h_2 = 75,0 \text{ cm}$ $A_{cn} = 5377,0 \text{ cm}^2$ $\xi = 4,060 \%$	$h_1 = 65,0 \text{ cm}$ $h_2 = 65,0 \text{ cm}$ $A_{cn} = 4011,8 \text{ cm}^2$ $\xi = 4,580 \%$	$h_1 = 55,0 \text{ cm}$ $h_2 = 55,0 \text{ cm}$ $A_{cn} = 2837,1 \text{ cm}^2$ $\xi = 5,562 \%$
Panjang Efektif	$G_x = 5,72$ $G_y = 4,35$ $K_x = 1,73$ $K_y = 1,65$ $L = 300,00 \text{ cm}$ $KL = 519,00 \text{ cm}$	$G_x = 5,06$ $G_y = 3,89$ $K_x = 2,21$ $K_y = 2,04$ $L = 300,00 \text{ cm}$ $KL = 663,00 \text{ cm}$	$G_x = 2,15$ $G_y = 1,16$ $K_x = 1,86$ $K_y = 1,64$ $L = 500,00 \text{ cm}$ $KL = 930,00 \text{ cm}$	$G_x = 5,40$ $G_y = 5,87$ $K_x = 1,80$ $K_y = 1,68$ $L = 600,00 \text{ cm}$ $KL = 1080,00 \text{ cm}$
	$f_{my} = 735,91 \text{ MPa}$ $E_m = 321058 \text{ MPa}$ $r_m = 22,5 \text{ cm}$ $\lambda_c = 1,104$ $\omega = 1,663$ $f_{cr} = 442,620 \text{ MPa}$	$f_{my} = 827,87 \text{ MPa}$ $E_m = 343550 \text{ MPa}$ $r_m = 22,5 \text{ cm}$ $\lambda_c = 1,446$ $\omega = 2,615$ $f_{cr} = 316,532 \text{ MPa}$	$f_{my} = 764,53 \text{ MPa}$ $E_m = 326409 \text{ MPa}$ $r_m = 19,5 \text{ cm}$ $\lambda_c = 2,308$ $\omega = 6,659$ $f_{cr} = 114,804 \text{ MPa}$	$f_{my} = 675,77 \text{ MPa}$ $E_m = 302828 \text{ MPa}$ $r_m = 16,5 \text{ cm}$ $\lambda_c = 3,092$ $\omega = 11,951$ $f_{cr} = 56,547 \text{ MPa}$
Gaya Aksial	$P_n = 11897630 \text{ N}$ $\phi P_n = 10112985 \text{ N}$ $\phi P_{nx} = 5483520 \text{ N}$ $\phi P_{ny} = 4629465 \text{ N}$	$P_n = 7229586 \text{ N}$ $\phi P_n = 6145148 \text{ N}$ $\phi P_{nx} = 4659360 \text{ N}$ $\phi P_{ny} = 1485788 \text{ N}$	$P_n = 2221681 \text{ N}$ $\phi P_n = 1888429 \text{ N}$ $\phi P_{nx} = 3947808 \text{ N}$ $\phi P_{ny} = -2059379 \text{ N}$	$P_n = 951339 \text{ N}$ $\phi P_n = 808638 \text{ N}$ $\phi P_{nx} = 3432096 \text{ N}$ $\phi P_{ny} = -2623458 \text{ N}$
	$A_{b \text{ min.}} = 7857,3 \text{ cm}^2$ $A_w = 12331 \text{ cm}^2$ $C_t = 65,0 \text{ mm}$ $P_u/\phi P_n = 0,59205$	$A_{b \text{ min.}} = 2521,7 \text{ cm}^2$ $A_w = 9260 \text{ cm}^2$ $C_t = 115,0 \text{ mm}$ $P_u/\phi P_n = 0,82362$	$A_{b \text{ min.}} = -3495,2 \text{ cm}^2$ $A_w = 7515 \text{ cm}^2$ $C_t = 90,0 \text{ mm}$ $P_u/\phi P_n = 0,91561$	$A_{b \text{ min.}} = -4452,6 \text{ cm}^2$ $A_w = 5920 \text{ cm}^2$ $C_t = 65,0 \text{ mm}$ $P_u/\phi P_n = 0,80313$
Momen Nomina l	$M_{ux} = 1,872\text{E}+09 \text{ Nmm}$ $M_{uy} = 1,889\text{E}+09 \text{ Nmm}$ $M_{rx} = 190,8 \text{ tm}$ $M_{ry} = 192,6 \text{ tm}$ $\text{Int.} = 0,70003$	$M_{ux} = 1,45\text{E}+09 \text{ Nmm}$ $M_{uy} = 1,47\text{E}+09 \text{ Nmm}$ $M_{rx} = 148,3 \text{ tm}$ $M_{ry} = 149,6 \text{ tm}$ $\text{Int.} = 0,99787$	$M_{ux} = 1,09\text{E}+09 \text{ Nmm}$ $M_{uy} = 1,10\text{E}+09 \text{ Nmm}$ $M_{rx} = 111,4 \text{ tm}$ $M_{ry} = 112,4 \text{ tm}$ $\text{Int.} = 0,99517$	$M_{ux} = 8,18\text{E}+08 \text{ Nmm}$ $M_{uy} = 8,26\text{E}+08 \text{ Nmm}$ $M_{rx} = 83,4 \text{ tm}$ $M_{ry} = 84,2 \text{ tm}$ $\text{Int.} = 0,86593$



Tabel 4.8  
PERENCANAAN KOLOM KOMPOSIT  
(Berdasarkan kombinasi 7)

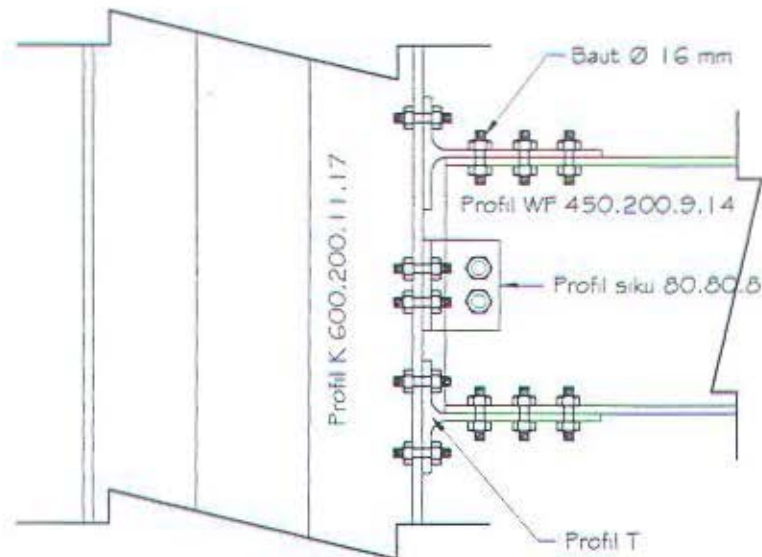
$f_y$	=	240 Mpa	$c_1$	=	0,7
$f_c$	=	40 Mpa	$c_2$	=	0,6
$f_{yt}$	=	380 Mpa	$c_3$	=	0,2
$E_c$	=	30488 Mpa			
$E_s$	=	200000 Mpa			

Kolom	Lantai 1	Lantai 2 - 5	Lantai 6 - 8	Lantai 9
Data beban	$P_u$ = 396,799 ton $M_{ux}$ = 1,736 tm $M_{uy}$ = 31,091 tm	$P_u$ = 346,911 ton $M_{ux}$ = 0,876 tm $M_{uy}$ = 6,175 tm	$P_u$ = 137,348 ton $M_{ux}$ = 1,741 tm $M_{uy}$ = 17,357 tm	$P_u$ = 59,063 ton $M_{ux}$ = 1,369 tm $M_{uy}$ = 12,418 tm
Data profil	500 200 10 16 $A_s$ = 228,4 cm <sup>2</sup> $Z_x$ = 2453,66 cm <sup>3</sup> $Z_y$ = 2509,06 cm <sup>3</sup>	400 200 8 13 $A_s$ = 168,24 cm <sup>2</sup> $Z_x$ = 1568,84 cm <sup>3</sup> $Z_y$ = 1601,60 cm <sup>3</sup>	400 200 8 13 $A_s$ = 168,24 cm <sup>2</sup> $Z_x$ = 1568,84 cm <sup>3</sup> $Z_y$ = 1601,60 cm <sup>3</sup>	400 200 8 13 $A_s$ = 168,24 cm <sup>2</sup> $Z_x$ = 1568,84 cm <sup>3</sup> $Z_y$ = 1601,60 cm <sup>3</sup>
Dimensi Beton	$h_1$ = 60,0 cm $h_2$ = 60,0 cm $A_{cn}$ = 3352,0 cm <sup>2</sup> $\%$ = 6,344 %	$h_1$ = 60,0 cm $h_2$ = 60,0 cm $A_{cn}$ = 3412,1 cm <sup>2</sup> $\%$ = 4,673 %	$h_1$ = 60,0 cm $h_2$ = 60,0 cm $A_{cn}$ = 3412,1 cm <sup>2</sup> $\%$ = 4,673 %	$h_1$ = 55,0 cm $h_2$ = 55,0 cm $A_{cn}$ = 2837,1 cm <sup>2</sup> $\%$ = 5,562 %
Panjang Efektif	$G_x$ = 3,58 $G_y$ = 2,73 $K_x$ = 1,55 $K_y$ = 1,52 $L$ = 300,00 cm $KL$ = 465,00 cm	$G_x$ = 2,58 $G_y$ = 1,98 $K_x$ = 1,82 $K_y$ = 1,78 $L$ = 300,00 cm $KL$ = 546,00 cm	$G_x$ = 1,55 $G_y$ = 0,83 $K_x$ = 1,60 $K_y$ = 1,42 $L$ = 500,00 cm $KL$ = 800,00 cm	$G_x$ = 5,40 $G_y$ = 5,87 $K_x$ = 1,80 $K_y$ = 1,68 $L$ = 600,00 cm $KL$ = 1080,00 cm
	$f_{my}$ = 615,09 MPa $E_m$ = 289488 MPa $r_m$ = 18 cm $\lambda_v$ = 1,191 $\omega$ = 1,772 $f_{cr}$ = 347,024 MPa	$f_{my}$ = 757,80 MPa $E_m$ = 323668 MPa $r_m$ = 18 cm $\lambda_v$ = 1,468 $\omega$ = 2,693 $f_{cr}$ = 281,416 MPa	$f_{my}$ = 757,80 MPa $E_m$ = 323668 MPa $r_m$ = 18 cm $\lambda_v$ = 2,151 $\omega$ = 5,781 $f_{cr}$ = 131,085 MPa	$f_{my}$ = 675,77 MPa $E_m$ = 302828 MPa $r_m$ = 16,5 cm $\lambda_v$ = 3,092 $\omega$ = 11,951 $f_{cr}$ = 56,547 MPa
Gaya Aksial	$P_n$ = 7926027 N $\phi P_n$ = 6737123 N $\phi P_{ns}$ = 4659360 N $\phi P_{nc}$ = 2077763 N	$P_n$ = 4734546 N $\phi P_n$ = 4024364 N $\phi P_{ns}$ = 3432096 N $\phi P_{nc}$ = 592268 N	$P_n$ = 2205381 N $\phi P_n$ = 1874574 N $\phi P_{ns}$ = 3432096 N $\phi P_{nc}$ = -1557522 N	$P_n$ = 951339 N $\phi P_n$ = 808638 N $\phi P_{ns}$ = 3432096 N $\phi P_{nc}$ = -2623458 N
	$A_{b,min}$ = 3526,4 cm <sup>2</sup> $A_w$ = 9260 cm <sup>2</sup> $C_r$ = 40,0 mm $P_u/\phi P_n$ = 0,57778	$A_{b,min}$ = 1005,2 cm <sup>2</sup> $A_w$ = 5920 cm <sup>2</sup> $C_r$ = 90,0 mm $P_u/\phi P_n$ = 0,84565	$A_{b,min}$ = -2643,5 cm <sup>2</sup> $A_w$ = 5920 cm <sup>2</sup> $C_r$ = 90,0 mm $P_u/\phi P_n$ = 0,71877	$A_{b,min}$ = -4452,6 cm <sup>2</sup> $A_w$ = 5920 cm <sup>2</sup> $C_r$ = 65,0 mm $P_u/\phi P_n$ = 0,71652
Momen Nominal	$M_{rx}$ = 1,264E+09 Nmm $M_{ry}$ = 1,277E+09 Nmm $M_{rx}$ = 128,8 tm $M_{ry}$ = 130,2 tm Int. = 0,84161	$M_{rx}$ = 8,58E+08 Nmm $M_{ry}$ = 8,66E+08 Nmm $M_{rx}$ = 87,4 tm $M_{ry}$ = 88,2 tm Int. = 0,92931	$M_{rx}$ = 8,58E+08 Nmm $M_{ry}$ = 8,66E+08 Nmm $M_{rx}$ = 87,4 tm $M_{ry}$ = 88,2 tm Int. = 0,94530	$M_{rx}$ = 8,18E+08 Nmm $M_{ry}$ = 8,26E+08 Nmm $M_{rx}$ = 83,4 tm $M_{ry}$ = 84,2 tm Int. = 0,88801

Gaya geser tambahan akibat momen lentur

$$V_{g \text{ tambah}} = \frac{(24239 - 21543) \text{ kgm}}{7,2 \text{ m}} = 386,945 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} P_u &= V_u + V_{g \text{ tambah}} \\ &= 9803 \text{ kg} + 386,985 \text{ kg} = 10189,945 \text{ kg} \end{aligned}$$



Gambar 4.7 Rencana sambungan balok-kolom

#### 1. Sambungan geser pada badan balok

Kuat geser baut

- pada bidang geser baut tidak ada ulir ( $r_1 = 0,5$ )
- $\phi_{\text{baut}} = 16 \text{ mm}$ , BJ 50 ( $A_g = 201,062 \text{ mm}^2$ )

$$\begin{aligned} V_{dg} &= \phi_t m r_1 f_u A_g \\ &= 0,75 * 2 * 0,5 * 5000 \text{ kg/cm}^2 * 2,01 \text{ cm}^2 \\ &= 7539,822 \text{ kg} \end{aligned}$$

Kuat tumpu baut

$$\begin{aligned} V_{dt} &= \phi_t 2,4 d_b t_p f_u \\ &= 0,75 * 2,4 * 1,6 \text{ cm} * 0,9 \text{ cm} * 3700 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 9590,4 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$V_{dg} < V_{dt} \quad (\text{digunakan } V_{dg} = 7539,822 \text{ kg})$$

$$n = \frac{P_u}{V_{dg}} = \frac{10189,945 \text{ kg}}{7539,822 \text{ kg}} = 1,351 \text{ buah}$$

$$\approx 2 \text{ buah}$$

## 2. Sambungan geser pada sayap kolom

Kuat geser baut

$$\begin{aligned}
 V_{dg} &= \phi_f m r_1 f_u A_g \\
 &= 0,75 * 1 * 0,5 * 5000 \text{ kg/cm}^2 * 2,01 \text{ cm}^2 \\
 &= 3769,911 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Kuat tumpu baut

$$\begin{aligned}
 V_{dt} &= \phi_f 2,4 d_b t_p f_u \\
 &= 0,75 * 2,4 * 1,6 \text{ cm} * 1,1 \text{ cm} * 3700 \text{ kg/cm}^2 \\
 &= 11721,6 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$V_{dg} < V_{dt} \quad (\text{digunakan } V_{dg} = 3769,911 \text{ kg})$$

$$n = \frac{P_u}{V_{dg}} = \frac{10189,945 \text{ kg}}{3769,911 \text{ kg}} = 2,703 \text{ buah}$$

$$\approx 4 \text{ buah} \quad (\text{supaya simetris})$$

## Kontrol siku penyambung

Siku direncanakan menggunakan siku 80.80.8

$$\begin{aligned}
 \phi_{lub} &= 16 \text{ mm} + 1,6 \text{ mm} \quad (\text{lubang dibuat dengan bor}) \\
 &= 17,6 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_{nv} &= L_{nv} * t_l = (L - n \phi_{baut}) * t_l \\
 &= (20 - 3 * 1,76) * 0,8 = 11,776 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

Siku ditinjau satu sisi, sehingga gaya =  $\frac{1}{2} P_u = 5094,973 \text{ kg}$ 

$$\begin{aligned}
 \phi P_n &= \phi (0,6 f_u * A_{nv}) \\
 &= 0,9 * 0,6 * 3700 \text{ kg/cm}^2 * 11,776 \text{ cm}^2 \\
 &= 23528,448 \text{ kg} \geq 5094,973 \text{ kg} \quad (\text{OK})
 \end{aligned}$$

## 3. Sambungan profil T dengan sayap kolom

Akibat gaya  $M_u$ , profil T akan mendapat gaya tarik sebesar :

$$\begin{aligned}
 2T &= \frac{M_u}{d_{balok}} \\
 T &= \frac{24239 \text{ kgm}}{2 * 0,45 \text{ m}} = 26932,22 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Direncanakan menggunakan baut HTB  $\phi 16 \text{ mm}$ 

$$B = T_b n \quad n = \text{jumlah baut dalam 1 baris}$$

$$(T_b = 95 \text{ kN} = 9683,996 \text{ kg})$$

$$T < B$$



$$26932,22 \text{ kg} < 9683,996 \text{ kg} \cdot n$$

$$n > 2,7811 \text{ buah (Dipasang 4 buah baut)}$$

Direncanakan memakai siku T 300.200.11.17,  $r = 22 \text{ cm}$

$$a = 50,0 \text{ mm (direncanakan)}$$

$$b = \frac{200-11}{2} - 50 = 44,5 \text{ mm}$$

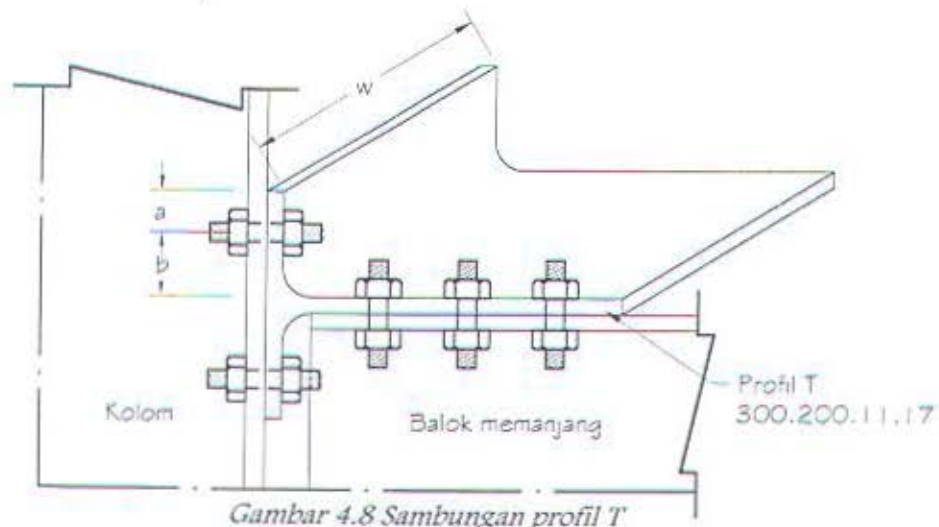
$$a \leq 1,25 b$$

$$50 \text{ mm} \leq 1,25 \cdot 44,5 \text{ mm} = 55,625 \text{ mm} \quad (\text{OK})$$

Koreksi untuk a dan b

$$a' = a + \frac{1}{2} \phi_{\text{baut}} = 50 + \frac{1}{2} \cdot 16 = 58,0 \text{ mm}$$

$$b' = b - \frac{1}{2} \phi_{\text{baut}} = 44,5 - \frac{1}{2} \cdot 16 = 36,5 \text{ mm}$$



$$B = 9683,996 \text{ kg} \cdot 4$$

$$= 38735,985 \text{ kg}$$

$$\frac{B}{T} - 1 = \frac{38735,985 \text{ kg}}{26932,22 \text{ kg}} - 1 = 0,43827$$

$$\delta = 1 - \frac{d'}{w} = 1 - \frac{4 \cdot 17,6}{200} = 0,648$$

$$\alpha = \frac{\left(\frac{B}{T} - 1\right) \left(\frac{a'}{b'}\right)}{\delta \left[1 - \left(\frac{B}{T} - 1\right) \left(\frac{a'}{b'}\right)\right]} = \frac{0,43827 \cdot \left(\frac{58}{36,5}\right)}{0,648 \cdot \left[1 - 0,43827 \cdot \left(\frac{58}{36,5}\right)\right]}$$

$$= 3,54031 > 1,0 \quad (\text{OK})$$

Tebal perlu sayap profil T

$$\begin{aligned}
 t_{f \text{ perlu}} &\geq \sqrt{\frac{4Tb'}{\phi w f_y (1 + \alpha \delta)}} \\
 &\geq \sqrt{\frac{4 * 26932,22 \text{ kg} * 3,65 \text{ cm}}{0,9 * 20 \text{ cm} * 2400 \text{ kg/cm}^2 (1 + 3,54031 * 0,648)}} \\
 &\geq 1,66226 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Dipakai profil T 300.200.11.17 dapat dipergunakan

#### 4 Sambungan profil T dengan sayap balok

Sambungan menggunakan  $\phi_{\text{baut}}$  16 mm, BJ 50 dengan kekuatan geser baut = 3769,911 kg (1 bidang geser)

$$n = \frac{T}{V_{dg}} = \frac{26932,22 \text{ kg}}{3769,911 \text{ kg}} = 7,144 \text{ buah}$$

Dipasang 8 buah baut  $\phi_{\text{baut}}$  16 mm

Kekuatan profil T

##### ▪ Terhadap leleh

$$\begin{aligned}
 2T &\leq 0,9 A_g f_y \\
 2 * 26932,22 \text{ kg} &\leq 0,9 * A_g * 2400 \text{ kg/cm}^2 \\
 A_g &\geq 24,937 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

##### ▪ Terhadap patah

$$\begin{aligned}
 2T &\leq 0,75 A_n f_u \\
 2 * 26932,22 \text{ kg} &\leq 0,75 * A_n * 3700 \text{ kg/cm}^2 \\
 A_n &\geq 19,411 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$



Gambar 4.9 Penampang profil T

Luas penampang

$$\begin{aligned}
 A_g &= t_w w \\
 &= 1,3 \text{ cm} * 20 \text{ cm} = 26 \text{ cm}^2 > 24,937 \text{ cm}^2 \\
 A_n &= A_g - 2 d_1 t_w = 26 \text{ cm}^2 - (2 * 1,76 * 1,3) \\
 &= 21,424 \text{ cm}^2 > 19,411 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

#### 4.4.2 Sambungan Balok Melintang-Kolom

Sambungan balok kolom direncanakan menggunakan baut mutu tinggi type geser (*friction*). Untuk lantai 1 sambungan direncanakan pada elemen balok kantilever 1202 joint 2 dengan gaya-gaya sebagai berikut :

- $V_u = 11121 \text{ kg}$  (kombinasi 9)
- $M_{ua} = -40916 \text{ kgm}$     $M_{ub} = -37473 \text{ kgm}$  (kombinasi 4)

Momen lentur rencana sambungan berdasarkan kemampuan lentur balok. Elemen-elemen sambungan :

- Balok memanjang menggunakan WF 500.200.10.16

$$M_p = 50927,04 \text{ kgm}$$

- Kolom K 600.200.11.17

$$M_{u \text{ balok}} = 1,1 R_y M_p$$

$$= 1,1 * 1,5 * 50927,04 \text{ kgm} = 84029,62 \text{ kgm}$$

$$M_{u \text{ balok}} > M_u \text{ (dipakai } M_u)$$

Gaya geser tambahan akibat momen lentur

$$V_{g \text{ tambah}} = \frac{(40916 - 37473) \text{ kgm}}{7,5 \text{ m}} = 459,067 \text{ kg}$$

$$P_u = V_u + V_{g \text{ tambah}}$$

$$= 11121 \text{ kg} + 459,067 \text{ kg} = 11580,067 \text{ kg}$$

#### Kekuatan baut

Direncanakan menggunakan HTB Ø 16 mm, data-data baut :

- $A = 201,062 \text{ mm}^2$
- $T_b = 95 \text{ kN} = 9683,996 \text{ kg}$  (*gaya tarik minimum*)
- Mutu baja profil BJ 37 ( $f_u = 3700 \text{ kg/cm}^2$ )

a. Kuat nominal geser.

$$V_{dg} = \phi V_n, \quad \phi = 1,0 \text{ (untuk lubang standard)}$$

$$= \phi 1,13 \mu m T_b$$

$$= 1,0 * 1,13 * 0,35 * 1 * 9683,996 \text{ kg} = 3830,02 \text{ kg}$$

b. Kuat nominal tumpu.

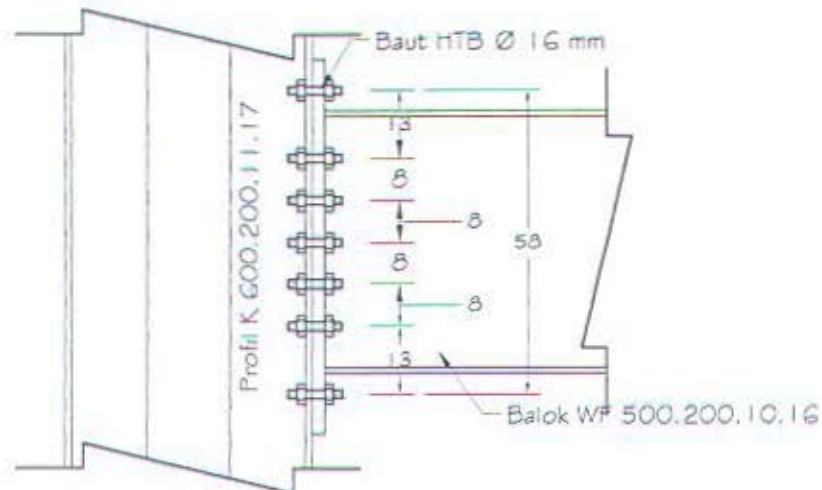
$$V_{dt} = \phi_f 2,4 d_b t_p f_u$$

$$= 0,75 * 2,4 * 1,6 \text{ cm} * 1,0 \text{ cm} * 3700 \text{ kg/cm}^2 = 10656,0 \text{ kg}$$

$$V_{dg} < V_{dt} \text{ (digunakan } V_{dg} = 3830,02 \text{ kg)}$$



Direncanakan dipasang 14 buah baut dengan jarak antar baut  $4\phi_{\text{baut}} = 8 \text{ cm}$  (as-as).



Gambar 4.10 Rencana penempatan baut

Gaya tarik akibat momen

$$T_{\text{maks}} = T_3 = \frac{M \cdot d_{\text{maks}}}{\sum d^2},$$

$$\begin{aligned} \sum d^2 &= 2 \cdot (13^2 + 21^2 + 29^2 + 37^2 + 45^2 + 58^2) \\ &= 32836 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$T_{\text{maks}} = T_3 = \frac{40916 \cdot 10^2 \text{ kgcm} \cdot 58 \text{ cm}}{32836 \text{ cm}^2} = 7227,214 \text{ kg}$$

Untuk baut type geser yang menerima beban tarik kekuatan  $V_{dg}$  direduksi dengan faktor  $\left[1 - \frac{T_u}{1,13T_b}\right]$ , sehingga kekuatan nominal baut menjadi :

$$\begin{aligned} V_{dg} &= 3830,02 \text{ kg} \cdot \left[1 - \frac{7227,214 \text{ kg}}{1,13 \cdot 9683,996 \text{ kg}}\right] \\ &= 1300,495 \text{ kg} \end{aligned}$$

Geser yang terjadi pada satu baut

$$\begin{aligned} V_{u1} &= \frac{11580,067 \text{ kg}}{14} \\ &= 827,147 \text{ kg} < V_{dg} = 1300,495 \text{ kg} \quad (\text{OK}) \end{aligned}$$

### Sambungan pada end-plate

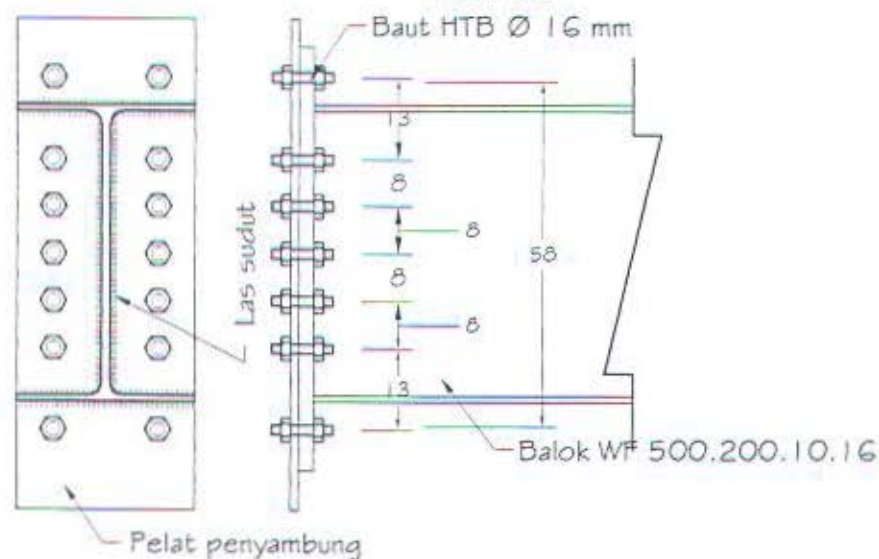
Direncanakan sambungan menggunakan las, mutu las E70XX ( $f_{uw} = 70 \text{ ksi} = 4921 \text{ kg/cm}^2$ ) dengan tebal profil minimum  $t = 10 \text{ mm}$  (dari badan balok) dan tebal pelat penyambung  $t = 14 \text{ mm}$ .

Tebal las awal ( $t_{e \text{ awal}}$ ) direncanakan 10 mm

$$A_{\text{las}} = 2 * ((2 * 7,5 \text{ cm}) + 45 \text{ cm} + 20 \text{ cm}) = 160 \text{ cm}^2$$

$$W = 2 \left( bd + \frac{d^2}{6} \right) + b'd' = 2 * \left( 7,5 * 45 + \frac{45^2}{6} \right) + 20 * 51$$

$$= 2370 \text{ cm}^3$$



Gambar 4.11 Rencana sambungan endplate

### Kekuatan las untuk tebal 10 mm

$$\begin{aligned} \phi_t R_{mv} &= \phi_t t_e (0,6 f_{uw}) \\ &= 0,75 * 1,0 * 0,6 * 4921 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 2214,45 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_{vp} &= \frac{P_u}{A_{\text{las}}} = \frac{11580,067 \text{ kg}}{160 \text{ cm}^2} \\ &= 72,375 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$f_{hm} = \frac{M_u}{W} = \frac{40916 * 10^2 \text{ kgcm}}{2370 \text{ cm}^3} = 1726,413 \text{ kg/cm}^2$$

$$\begin{aligned} f_{\text{total}} &= \sqrt{f_{vp}^2 + f_{hm}^2} \\ &= \sqrt{72,375^2 + 1726,413^2} = 1727,929 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$t_{\text{e perlu}} = \frac{1727,929 \text{ kg/cm}^2}{2214,45 \text{ kg/cm}^2} = 0,7803 \text{ cm}$$

$$t_w = \frac{0,7803 \text{ cm}}{0,707} = 1,1036 \text{ cm} \approx 12 \text{ mm}$$

Dipasang las dengan  $t_w = 12 \text{ mm}$

#### 4.4.3 Sambungan balok kantilever

Sambungan balok kolom direncanakan menggunakan baut mutu tinggi type geser (*friction*). Untuk lantai 1 sambungan direncanakan pada elemen balok kantilever 1552 joint 15 dengan gaya-gaya sebagai berikut :

- $V_u = 16873 \text{ kg}$  (kombinasi 9)
- $M_u = -71540 \text{ kgm}$  (kombinasi 4)

Kekuatan baut

Direncanakan menggunakan HTB  $\varnothing 20 \text{ mm}$  BJ 50, data-data baut :

- $A = 314,159 \text{ mm}^2$
- $T_b = 145 \text{ kN} = 14780,84 \text{ kg}$  (*gaya tarik minimum*)
- Mutu baja profil BJ 37 ( $f_u = 3700 \text{ kg/cm}^2$ )
- Tebal pelat minimum ( $t_w = 11 \text{ mm}$ )

a. Kuat nominal geser.

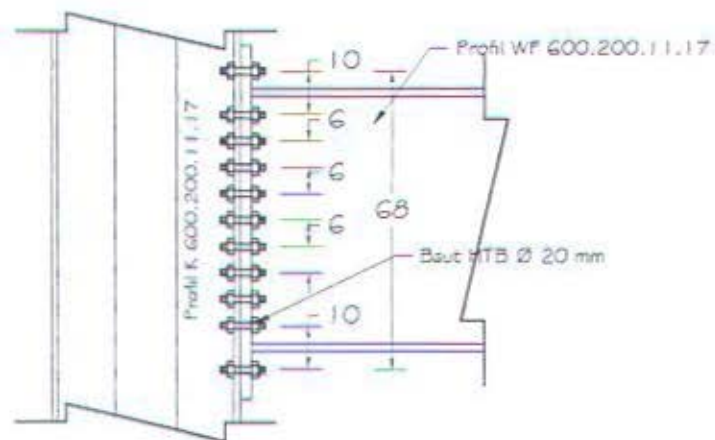
$$\begin{aligned} V_{dg} &= \phi V_n, \quad \phi = 1,0 \text{ (untuk lubang standard)} \\ &= \phi 1,13 \mu m T_b \\ &= 1,0 * 1,13 * 0,35 * 1 * 14780,84 \text{ kg} = 5845,82 \text{ kg} \end{aligned}$$

b. Kuat nominal tumpu.

$$\begin{aligned} V_{dt} &= \phi_f 2,4 d_b t_p f_u \\ &= 0,75 * 2,4 * 2,0 \text{ cm} * 1,1 \text{ cm} * 3700 \text{ kg/cm}^2 = 14652,0 \text{ kg} \\ V_{dg} &< V_{dt} \text{ (digunakan } V_{dg} = 5845,82 \text{ kg)} \end{aligned}$$

Pada balok kantilever tidak ada penambahan geser akibat momen. Direncanakan dipasang 22 buah baut dengan jarak antar baut  $3\varnothing_{\text{baut}} = 6 \text{ cm}$  (as-as).





Gambar 4.12 Rencana penempatan baut

Gaya tarik akibat momen

$$T_{maks} = T_3 = \frac{M \cdot d_{maks}}{\sum d^2},$$

$$\begin{aligned} \sum d^2 &= 2 \cdot (10^2 + 16^2 + 22^2 + 28^2 + 34^2 + 40^2 + 46^2 + 52^2 + 58^2 + 68^2) \\ &= 34376 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$T_{maks} = T_3 = \frac{71540 \cdot 10^2 \text{ kgcm} \cdot 68 \text{ cm}}{34376 \text{ cm}^2} = 14151,501 \text{ kg}$$

Untuk baut type geser yang menerima beban tarik kekuatan  $V_{dg}$  direduksi dengan faktor  $\left[1 - \frac{T_u}{1,13T_b}\right]$ , sehingga kekuatan nominal baut menjadi :

$$\begin{aligned} V_{dg} &= 5845,82 \text{ kg} \cdot \left[1 - \frac{14151,501 \text{ kg}}{1,13 \cdot 14780,84 \text{ kg}}\right] \\ &= 892,796 \text{ kg} \end{aligned}$$

Geser yang terjadi pada satu baut

$$\begin{aligned} V_{u1} &= \frac{16873 \text{ kg}}{22} \\ &= 766,955 \text{ kg} < V_{dg} = 892,796 \text{ kg} \quad (\text{OK}) \end{aligned}$$

Sambungan pada end-plate

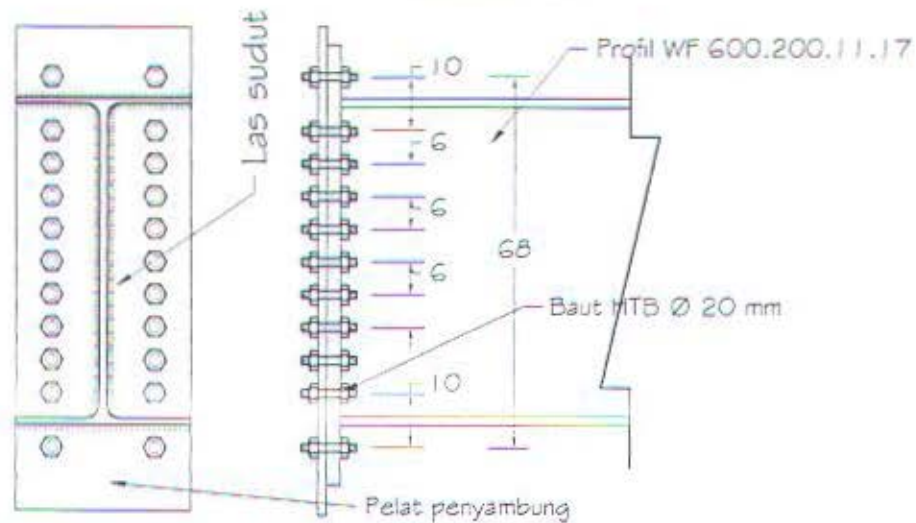
Direncanakan sambungan menggunakan las, mutu las E70XX ( $f_{uw} = 70 \text{ ksi} = 4921 \text{ kg/cm}^2$ ) dengan tebal profil minimum  $t = 11 \text{ mm}$  (dari badan balok) dan tebal pelat penyambung  $t = 14 \text{ mm}$ .

Tebal las awal ( $t_{e \text{ awal}}$ ) direncanakan 10 mm

$$A_{\text{las}} = 2 * ((2 * 7,5 \text{ cm}) + 55 \text{ cm} + 20 \text{ cm}) = 180 \text{ cm}^2$$

$$W = 2 \left( bd + \frac{d^2}{6} \right) + b'd' = 2 * \left( 7,5 * 55 + \frac{55^2}{6} \right) + 20 * 61$$

$$= 3053,333 \text{ cm}^3$$



Gambar 4.13 Rencana sambungan endplate

Kekuatan las untuk tebal 10 mm

$$\phi_t R_{mv} = \phi_t t_e (0,6 f_{uw})$$

$$= 0,75 * 1,0 * 0,6 * 4921 \text{ kg/cm}^2$$

$$= 2214,45 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_{vp} = \frac{P_u}{A_{\text{las}}} = \frac{16873 \text{ kg}}{180 \text{ cm}^2} = 93,74 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_{hm} = \frac{M_u}{W} = \frac{71540 * 10^2 \text{ kgcm}}{3053,333 \text{ cm}^3} = 2340,065 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_{\text{total}} = \sqrt{f_{vp}^2 + f_{hm}^2}$$

$$= \sqrt{93,74^2 + 2340,065^2} = 2341,942 \text{ kg/cm}^2$$

$$t_{e \text{ perlu}} = \frac{2341,942 \text{ kg/cm}^2}{2214,45 \text{ kg/cm}^2} = 1,057 \text{ cm}$$

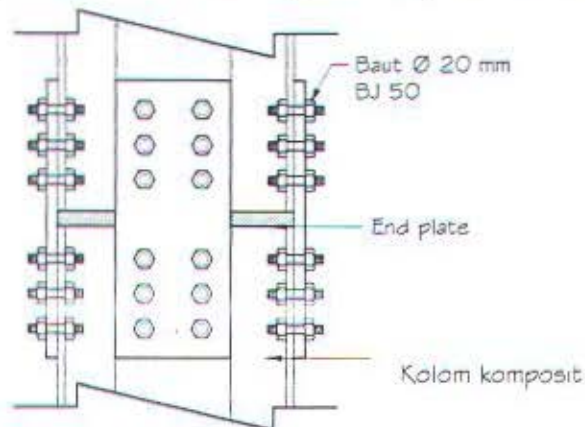
$$t_w = \frac{1,057 \text{ cm}}{0,707} = 1,496 \text{ cm} \approx 15 \text{ mm}$$

Dipasang las dengan  $t_w = 15 \text{ mm}$

#### 4.4.4 Sambungan Kolom-Kolom

Sambungan kolom-kolom direncanakan pada lantai 2. Gaya-gaya yang bekerja pada elemen 2639 kombinasi 4 adalah sebagai berikut :

- Aksial ( $P_u$ ) = 455749 kg
- Momen :  $M_{ux}$  = 136 kgm       $M_{uy}$  = 13468 kgm
- Lintang :  $V_{ux}$  = 25 kg       $V_{uy}$  = 10000 kg



Gambar 4.14 Rencana sambungan kolom

##### Geser pada end plate

Direncanakan menggunakan baut Ø 20 mm BJ 50.

##### Kekuatan geser baut

$$V_{dg} = 11775 \text{ kg}$$

$$n = \frac{V_u}{V_{dg}} = \frac{10000}{11775} = 0,849$$

Dipasang 4 buah (supaya simetris)

##### Geser pada sayap profil

$$T_u = \frac{M}{50 \text{ cm}} = \frac{1346800 \text{ kgcm}}{50 \text{ cm}} = 26936 \text{ kg}$$

$$V_{ukr} = \frac{1}{4} * 455749 \text{ kg} - 26936 \text{ kg} = 87001,25 \text{ kg}$$

$$V_{ukn} = \frac{1}{4} * 455749 \text{ kg} + 26936 \text{ kg} = 140873,25 \text{ kg}$$

Desain sambungan pada sayap menggunakan  $V_{ukn}$

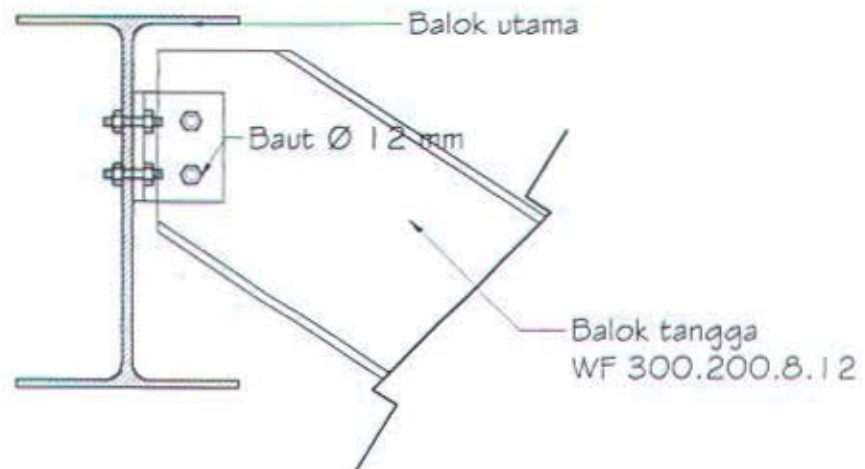
$$n = \frac{V_{ukn}}{V_{dg}} = \frac{140873,25}{11775} = 11,963 \text{ buah}$$

$$\approx 12 \text{ buah}$$



#### 4.4.5 Sambungan Tangga utama

##### Sambungan sendi



Gambar 4.15 Sambungan balok tangga-balok utama

##### 1. Sambungan siku dengan badan balok utama

- $\phi_{\text{baut}} = 12 \text{ mm}$  ( $A_g = 1,1309 \text{ cm}^2$ )

- mutu baut BJ 37

$$V_{dg} = \phi_t m r_1 f_u A_g = 1255,299 \text{ kg}$$

$$V_{dt} = \phi_t 2,4 d_b t_p f_u = 5594,4 \text{ kg}$$

$$V_{dg} < V_{dt} \text{ (digunakan } V_{dg} = 1255,299 \text{ kg)}$$

$$P_u = 9370,495 \text{ kg}$$

$$n = \frac{P_u}{V_{dg}} = \frac{9370,495 \text{ kg}}{1255,299 \text{ kg}} = 7,464 \text{ buah}$$

$$\approx 8 \text{ buah baut.}$$

Beban  $P_u$  bekerja pada bidang geser sambungan siku dengan pelat badan balok dengan jarak minimum dari tepi siku  $2\phi_{\text{baut}} = 30 \text{ mm}$ .

$$T_{\text{maks}} = T_3 = \frac{M \cdot d_{\text{maks}}}{\sum d^2},$$

$$\begin{aligned} M_u &= P_u \cdot e = 9370,495 \text{ kg} \cdot (7 - 3,0) \text{ cm} \\ &= 37481,98 \text{ kgcm} \end{aligned}$$

$$\sum d^2 = 2 \cdot (4^2 + 8^2 + 12^2) = 448 \text{ cm}^2$$

$$T_{\text{maks}} = T_3 = \frac{37481,98 \cdot 12}{448} = 1003,982 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned}
 \overline{f_{uv}} &= \phi_f r_1 f_u m \\
 &= 0,75 * 0,4 * 3700 \text{ kg/cm}^2 * 1 = 1110 \text{ kg/cm}^2 \\
 f_{uv} &= \frac{P_u}{n A_b} = \frac{9370,945 \text{ kg}}{8 * 1,1309 \text{ cm}^2} \\
 &= 1035,734 \text{ kg/cm}^2 \leq \overline{f_{uv}} \quad (\text{OK})
 \end{aligned}$$

Interaksi geser dan tarik

$$\begin{aligned}
 f_t &= 1,3 f_u - r_2 f_{uv} \leq f_u \\
 &= 1,3 * 3700 \text{ kg/cm}^2 - 1,9 * 1035,734 \text{ kg/cm}^2 \\
 &= 2842,105 \text{ kg/cm}^2 \leq 3700 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

Digunakan nilai yang terkecil yaitu :  $f_t = 2842,105 \text{ kg/cm}^2$

Gaya tarik nominal pada daerah geser adalah :

$$\begin{aligned}
 T_d &= \phi_f 0,75 f_t A_b \\
 &= 0,75 * 0,75 * 2842,105 \text{ kg/cm}^2 * 1,1309 \text{ cm}^2 \\
 &= 1807,952 \text{ kg} \geq T_{maks} \quad (\text{OK})
 \end{aligned}$$

## 2. Sambungan siku dengan badan balok

Sambungan ini merupakan sambungan geser murni karena beban  $P_u$  bekerja tepat pada bidang geser baut.

Kuat geser baut (bidang geser 2 buah)

$$V_{dg} = \phi_f m r_1 f_u A_g = 2510,598 \text{ kg}$$

Kuat tumpu

$$\begin{aligned}
 V_{dt} &= \phi_f 2,4 d_b t_p f_u \quad (t_p \text{ dipakai pelat badan balok}) \\
 &= 3996 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$V_{dg} < V_{dt} \quad (\text{digunakan } V_{dg} = 2510,598 \text{ kg})$$

$$\begin{aligned}
 n &= \frac{P_u}{V_{dg}} = \frac{9370,495 \text{ kg}}{2510,598 \text{ kg}} = 3,732 \text{ buah} \\
 &\approx 4 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

## 3. Kontrol siku penyambung

$$\begin{aligned}
 \phi_{lub} &= 12 \text{ mm} + 1,6 \text{ mm} \quad (\text{lubang dibuat dengan bor}) \\
 &= 13,6 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_{nv} &= L_{nv} * t_l = (L - n \phi_{baut}) * t_l \\
 &= (18 - 4 * 1,36) * 0,7 = 8,792 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

Siku ditinjau satu sisi, sehingga gaya =  $\frac{1}{2} P_u = 4685,25 \text{ kg}$

$$\begin{aligned}\phi P_n &= \phi (0,6 f_u \cdot A_{nv}) \\ &= 0,9 \cdot 0,6 \cdot 3700 \text{ kg/cm}^2 \cdot 8,792 \text{ cm}^2 \\ &= 17566,416 \text{ kg} \geq 4685,25 \text{ kg} \quad (\text{OK})\end{aligned}$$

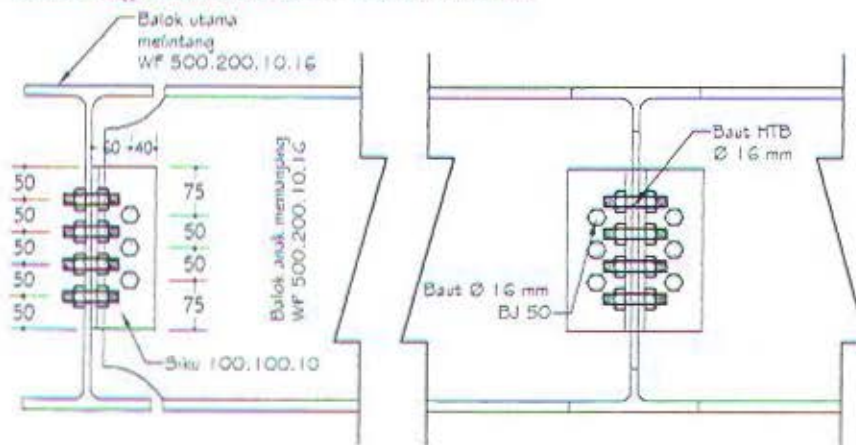
#### Sambungan rol

Sambungan rol sama dengan sambungan sendi hanya memakai slot panjang, sehingga kekuatan tumpu baut menjadi :

$$\begin{aligned}V_{dt} &= \phi_t 2,0 d_b t_p f_u \\ &= 0,75 \cdot 2 \cdot 1,2 \cdot 0,8 \cdot 3700 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 5328 \text{ kg} > 1255,299 \text{ kg}\end{aligned}$$

Sehingga jumlah baut yang dibutuhkan sama dengan sambungan sendi.

#### 4.4.6 Sambungan Balok Anak – Balok Utama



Gambar 4.16 Sambungan balok anak – balok utama

#### 1. Sambungan siku dengan badan balok anak

##### a. Kuat geser baut

$$\begin{aligned}V_{dg} &= \phi_t m r_1 f_u A_g \quad (\phi_{\text{baut}} = 16 \text{ mm}) \\ &= 0,75 \cdot 2 \cdot 0,5 \cdot 5000 \text{ kg/cm}^2 \cdot 2,0106 \text{ cm}^2 \\ &= 7539,822 \text{ kg}\end{aligned}$$

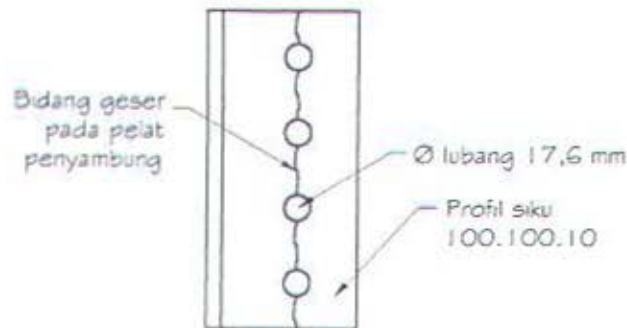
##### b. Kuat tumpu

$$\begin{aligned}V_{dt} &= \phi_t 2,4 d_b t_p f_u \\ &= 0,75 \cdot 2,4 \cdot 1,6 \text{ cm} \cdot 1,0 \text{ cm} \cdot 3700 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 10656 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$V_{dg} < V_{dt} \quad (\text{digunakan } V_{dg} = 7539,822 \text{ kg})$$



### 3. Kontrol siku penyambung



Gambar 4.17 Siku penyambung

$$\begin{aligned}\phi_{\text{lub.}} &= 16 \text{ mm} + 1,6 \text{ mm (lubang dibuat dengan bor)} \\ &= 17,6 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}A_{nv} &= L_{nv} * t_l = (L - n \phi_{\text{baut}}) * t_l \\ &= (21 - 4 * 1,76) * 1,0 = 13,96 \text{ cm}^2\end{aligned}$$

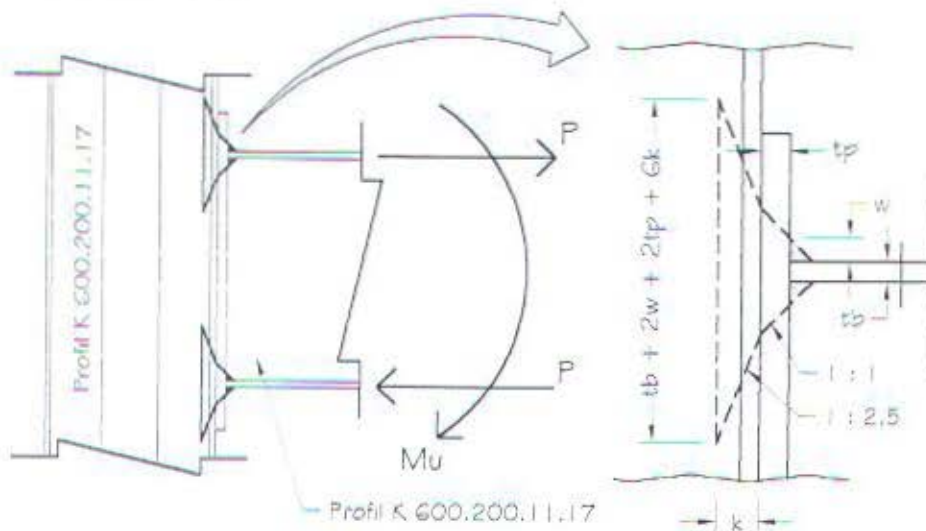
Siku ditinjau satu sisi, sehingga gaya =  $\frac{1}{2} P_u = 11147,631 \text{ kg}$

$$\begin{aligned}\phi P_n &= \phi (0,6 f_u * A_{nv}) \\ &= 0,9 * 0,6 * 3700 \text{ kg/cm}^2 * 13,96 \text{ cm}^2 \\ &= 27892,08 \text{ kg} \geq 11147,631 \text{ kg} \quad (\text{OK})\end{aligned}$$

#### 4.4.7 Kontrol pelat kolom

Untuk jenis sambungan sub-bab 4.4.2 dan 4.4.3 tebal pelat sayap dan badan kolom harus di kontrol terhadap terjadi tekuk.

Untuk perhitungan diambil gaya-gaya pada sambungan kolom dan balok kantilever.



Gambar 4.18 Gaya yang bekerja pada pelat badan

## d. Tekuk lateral pelat badan

Diasumsikan pelat sayap tidak di kekang terhadap rotasi

$$\frac{h/t_w}{L/b_f} = \frac{(600 - 2 \cdot 39)/11}{3000/200} = 3,163 \geq 2,3$$

Tekuk lateral pelat badan tidak perlu di kontrol

## e. Tekuk lentur pelat badan

$$\begin{aligned} R_b &= 24,08 \frac{t_w^3}{h} \sqrt{E f_y} \\ &= 24,08 \cdot \frac{1,1^3}{(60 - 2 \cdot 3,9)} \cdot \sqrt{2 \cdot 10^6 \cdot 2400} \\ &= 38671,585 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$R_u \leq 0,9 R_b$$

$$122710,12 \text{ kg} \leq 0,9 \cdot 38671,585 \text{ kg} = 34804,426 \text{ kg} \quad (\text{KO})$$

Dari hasil perhitungan kontrol pelat sayap dan badan kolom, kolom harus diberi pengaku. Tebal pengaku kolom minimal sebesar  $\frac{1}{2}$  tebal pelat sayap dan memenuhi persamaan :

$$\begin{aligned} \frac{b_s}{t_s} &\leq 0,56 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \\ t_s &\geq \frac{b_s}{0,56 \sqrt{\frac{E}{f_y}}} \\ &\geq \frac{(20 - 1,1)}{0,56 \sqrt{\frac{2 \cdot 10^6}{2400}}} = 1,167 \text{ cm} \approx 12 \text{ mm} \end{aligned}$$

Tebal  $t_s > \frac{1}{2} t_f = 8,5 \text{ mm}$ , sehingga pada kolom dipergunakan pengaku dengan tebal minimum 12 mm (type SKQ 21).

## 4.4.8 Kontrol daerah panel kolom

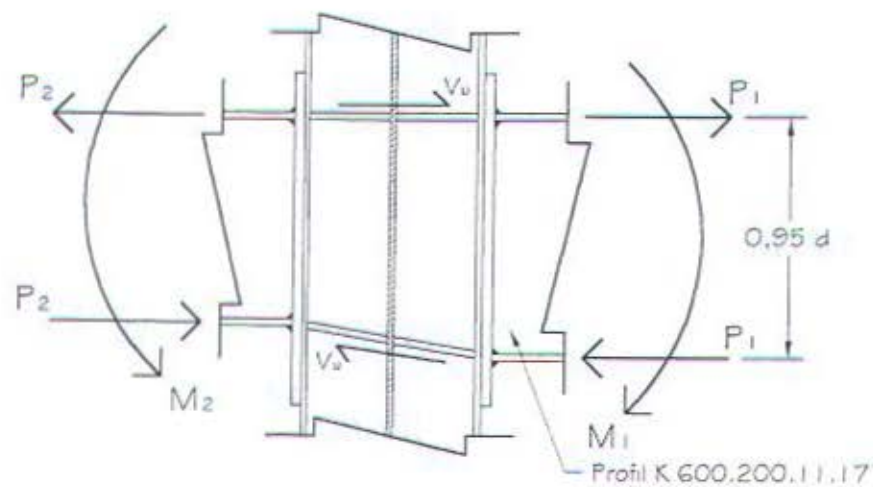
Gaya-gaya yang bekerja pada panel :

$$M_{u1} = 71540 \text{ kgm} \quad (\text{momen pada balok kantilever})$$

$$M_{u2} = 40916 \text{ kgm} \quad (\text{momen pada balok melintang})$$

$$V_u = 32713 \text{ kg} \quad (\text{geser kolom})$$

$$P_u = 610334 \text{ kg} \quad (\text{aksial kolom})$$



Gambar 4.19 Gaya yang bekerja pada daerah panel kolom

Geser yang terjadi pada daerah panel.

$$\begin{aligned}
 P &= \frac{M_{u1}}{0,95d_1} - \frac{M_{u2}}{0,95d_2} + V_u \\
 &= \frac{71540}{0,95 \cdot 0,6} - \frac{40916}{0,95 \cdot 0,5} + 32713 = 72082,825 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Diasumsikan bahwa dalam analisis rangka stabilitas daerah panel tidak diperhitungkan.

$P_y$  = gaya aksial yang menyebabkan leleh kolom.

=  $P_n$  (tabel 4.7 untuk kolom lantai 1)

= 11897630 N

= 1212806,32 kg ( $P_u > 0,4 P_y$ )

Sehingga kekuatan geser pelat badan dihitung dengan persamaan :

$$R_v = 0,6 f_y d_c t_w \left( 1,4 - \frac{P_u}{P_y} \right) \quad (\text{profil K mempunyai 2 pelat badan})$$

$$= 0,6 \cdot 2400 \text{ kg/cm}^2 \cdot 2 \cdot (60 \text{ cm} \cdot 1,1 \text{ cm}) \cdot \left( 1,4 - \frac{610334}{1212806,32} \right)$$

$$= 170455,93 \text{ kg}$$

$$\phi R_v = 0,90 \cdot 170455,93 \text{ kg}$$

$$= 153410,34 > P = 72082,825 \text{ kg}$$

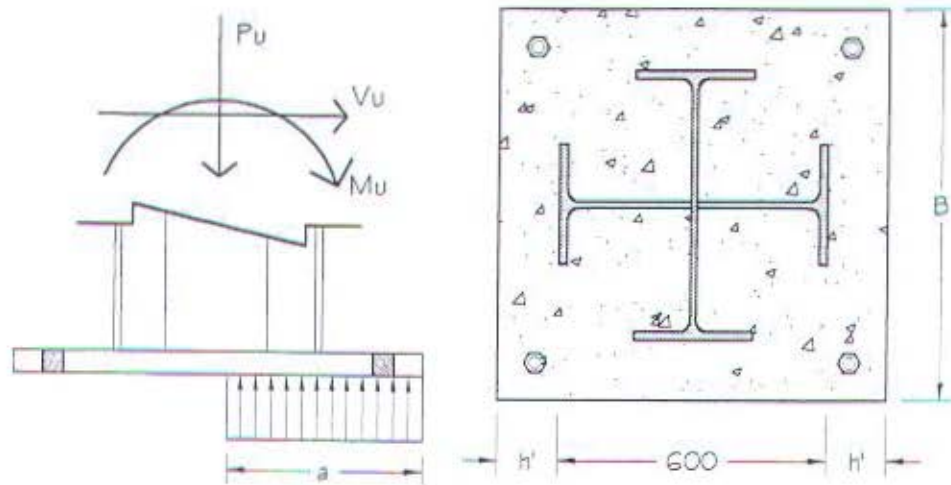
Tidak memerlukan pelat pengganda atau pengaku diagonal.



#### 4.5 Desain Base Plate

Pelat dasar untuk kolom :

- Profil K 600.200.11.17
- Aksial ( $P_u$ ) = 610334 kg
- Momen :  $M_{ux}$  = 285 kgm       $M_{uy}$  = 19598 kgm
- Lintang :  $V_{ux}$  = 41 kg       $V_{uy}$  = 10758 kg
- Mutu beton ( $f'_c$ ) = 30 MPa



Gambar 4.19 Rencana Base Plate

$h'$  direncanakan sebesar 10 cm.

$$B = H = 50 + 2 \cdot 10 = 70 \text{ cm}$$

$$\phi P_p = \phi (1,7 f'_c A)$$

$$= 0,6 \cdot 1,7 \cdot f'_c \cdot A = 1,02 f'_c A \quad (A = a \cdot B)$$

diasumsikan :

$$h = H - 0,5 h'$$

$$= 70 - 0,5 \cdot 10 = 65 \text{ cm}$$

$$\frac{M_u}{P_u} = \frac{19,598 \cdot 10^3}{610334}$$

$$= 3,211 \text{ cm} < \frac{H}{6} = \frac{70}{6}$$

$$= 11,667 \text{ cm}$$

$$B_m = \frac{P_u}{1,02 \cdot f'_c \cdot (H - 2e)} = \frac{610334}{1,02 \cdot 300 \cdot (70 - 2 \cdot 3,211)}$$

$$= 31,371 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned}
 t &\geq h' \sqrt{\frac{2,27 f_c' B_m}{f_y B}} \\
 &\geq 10 * \sqrt{\frac{2,27 * 300 * 31,371}{2400 * 70}} \\
 &\geq 3,566 \text{ cm} \quad (\text{dipasang tebal pelat 4 cm})
 \end{aligned}$$

Untuk arah  $x$  dapat diabaikan karena gaya-gaya yang terjadi relatif kecil

Angker direncanakan menggunakan  $\varnothing 20$  mm BJ 50

Kekuatan geser angker

$$\begin{aligned}
 V_{dg} &= \phi_f m r_l f_u A_g \\
 &= 0,75 * 1 * 0,5 * 5000 \text{ kg/cm}^2 * 3,14159 \text{ cm}^2 \\
 &= 5890,486 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$n = \frac{10758 \text{ kg}}{5890,486 \text{ kg}} = 1,826 \quad (\text{Dipasang 4 buah angker } \varnothing 20 \text{ mm})$$

Panjang angker didasarkan pada panjang penyaluran minimum untuk batang dalam tekan.

$$\begin{aligned}
 L_{db} &\geq 0,04 d_b f_y \\
 &\geq 0,04 * 20 * 240 = 192 \text{ mm} < 200 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Panjang penyaluran untuk angker diambil sebesar 400 mm.

PERANCANGAN STRUKTUR KOMPOSIT  
GEDUNG PARKIR PASARAYA BLOK-M  
JAKARTA



Bab V  
DESAIN PONDASI

- ♦ Daya Dukung Tiang Tunggal
- ♦ Daya Dukung Kelompok Tiang
- ♦ Daya Dukung lateral
- ♦ Desain Poer Pondasi
- ♦ Desain Sloof Pondasi



## Bab V

# DESAIN PONDASI

### 5.1 Daya Dukung Tiang Tunggal

Daya dukung vertikal tiang dihitung berdasarkan kombinasi tahanan gesekan (*friction*) dan tahanan ujung (*end bearing*). Data tanah yang digunakan untuk perencanaan daya dukung didapat dari hasil SPT, dengan ujung sampai pada tanah keras  $q_c \geq 150 \text{ kg/cm}^2$  atau nilai SPT  $\geq 30$  (*end bearing pile*) :

Direncanakan :

- Diameter tiang direncanakan 60 cm dengan pembesaran pada ujung tiang (*enlarged base*) menjadi 90 cm.
- Panjang tiang  $\pm 17$  meter

#### 1. Gesekan (*friction*)

Terzhagi dan Peck memberikan koreksi pada nilai N (untuk nilai  $N > 15$ ) yang berada di bawah muka air dengan perumusan sebagai berikut :

$$N' = 15 + 0,5 * (N - 15)$$

dimana N adalah jumlah pukulan kenyataan di lapangan.

Tabel 5.1  
Nilai SPT Terkoreksi

No.	Kedalaman	Nilai SPT	
		N	N'
1	0,00 - 1,70	3	3
2	1,70 - 3,25	1	1
3	3,25 - 4,75	1	1
4	4,75 - 6,25	12	12
5	6,25 - 7,75	6	6
6	7,75 - 9,25	16	15,5
7	9,25 - 10,75	18	16,5

No.	Kedalaman	Nilai SPT	
		N	N'
8	10,75 - 12,25	29	22
9	12,25 - 13,75	16	15,5
10	13,75 - 15,25	23	19
11	15,25 - 16,75	60	37,5
12	16,75 - 18,25	29	22
13	18,25 - 19,75	60	37,5
14	19,75 - 21,25	60	37,5

$$Q_{si} = \sum A_s \cdot \bar{N}'$$

Tahanan gesekan hanya boleh diperhitungkan sepanjang  $L - 2\phi_{pile}$  dari batas pembesaran tiang, sehingga panjang yang dipehitungkan ( $L_{efektif}$ ) :

$$\begin{aligned} L_{efektif} &= 17 - (10 + 2 \cdot 90) \\ &= 14,20 \text{ m} \quad (\text{dari ujung atas tiang}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \bar{N}' &= \frac{N_1 + N_2 + \dots + N_n}{n} \\ &= \frac{3 + 1 + 1 + 12 + 6 + 15,5 + 16,5 + 22 + 15,5}{9} \\ &= 10,278 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_s &= \pi D L_{segmen} \quad (D = 60 \text{ cm}) \\ &= \pi \cdot 0,6 \text{ m} \cdot 14,2 \text{ m} = 26,766 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_{si} &= \bar{N}' \cdot A_s \\ &= 10,278 \cdot 26,766 \text{ m}^2 = 275,105 \text{ ton} \end{aligned}$$

## 2. Ujung tiang (*end bearing*)

Nilai SPT yang diambil rata-rata sebesar 8D (640 cm) ke atas dan 3D (240 cm) ke bawah, dengan kedalaman antara 10,60 - 19,4 meter. Nilai SPT terkoreksi dapat dilihat pada tabel 5.1:

$$\begin{aligned} \bar{N}' &= \frac{N_1 + N_2 + N_3 + N_4 + N_5 + N_6 + N_7}{7} \\ &= \frac{16,5 + 22 + 15,5 + 19 + 37,5 + 22 + 37,5}{7} = 24,286 \end{aligned}$$

$\bar{N}' > 15$ , dengan jenis tanah dasarnya berupa pasir halus berlanau (*cemented silty fine sand*), dari tabel 2.3 besarnya  $p_b$  adalah:

$$\begin{aligned} p_b &= 375 + 12,5 (\bar{N}' - 15) \\ &= 375 + 12,5 (24,286 - 15) = 491,075 \text{ ton/m}^2 \\ A_p &= \frac{1}{4} \pi D^2 = \frac{1}{4} \pi 0,9^2 = 0,636 \text{ m}^2 \\ Q_p &= A_p p_b \\ &= 0,636 \text{ m}^2 \cdot 491,075 = 312,323 \text{ ton} \end{aligned}$$

Daya dukung total tiang ( $Q_n$ )

$$\begin{aligned} Q_n &= Q_s + Q_p \\ &= 275,105 + 312,323 = 587,428 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$\overline{Q_n} = \frac{Q_n}{SF} = \frac{587,428 \text{ ton}}{3} = 195,809 \text{ ton}$$

Daya dukung pondasi berdasarkan mutu bahan

$$\begin{aligned} Q_{\text{bahan}} &= A * \frac{f_c'}{3} * 0,67 \quad (f_c' = 30 \text{ MPa}) \\ &= \left( \frac{\pi}{4} * 60^2 \right) * \frac{300}{3} * 0,67 = 189438,037 \text{ kg} \\ &= 189,438 \text{ ton} \end{aligned}$$

## 5.2 Daya Dukung Kelompok Tiang

Gaya maksimum yang bekerja pada pondasi adalah sebagai berikut :

1. Beban tetap (kombinasi 1 nomor elemen 39)

$$\begin{aligned} \text{Axial (P)} &= 441,620 \text{ ton} \\ \text{Momen : } M_x &= 0,069 \text{ tm} \quad M_y = 6,937 \text{ tm} \\ \text{Horizontal : } H_x &= 0,016 \text{ ton} \quad H_y = 7,484 \text{ ton} \end{aligned}$$

Jumlah perkiraan tiang yang dibutuhkan (n)

$$n = \frac{441,620}{189,438} = 2,331 \approx 3 \text{ buah}$$

2. Beban sementara (kombinasi 2 nomor elemen 76)

$$\begin{aligned} \text{Axial (P)} &= 442,692 \text{ ton} \\ \text{Momen : } M_x &= 1,792 \text{ tm} \quad M_y = 29,957 \text{ tm} \\ \text{Horizontal : } H_x &= 0,635 \text{ ton} \quad H_y = 5,085 \text{ ton} \end{aligned}$$

Jumlah perkiraan tiang yang dibutuhkan (n)

$$n = \frac{442,692}{189,438} = 2,337 \approx 3 \text{ buah}$$

Supaya simetris dipasang 4 buah tiang dengan jarak antar tiang (S) = 1,50 m

Efisiensi kelompok tiang

Jarak antar tiang (S) = 1,50 meter sehingga efisiensi kelompok tiang menurut CONVERSE-LABARRE adalah sebesar :

$$\begin{aligned} E &= 1 - \left\{ \tan^{-1} \left( \phi/S \right) * \left( \frac{(m-1)n + (n-1)m}{90mn} \right) \right\} \\ &= 1 - \left\{ \tan^{-1} \left( 900/1500 \right) * \left( \frac{(2-1)2 + (2-1)2}{90 * 2 * 2} \right) \right\} \\ &= 0,656 \end{aligned}$$



Daya dukung tiang tunggal akibat efisisensi menjadi :

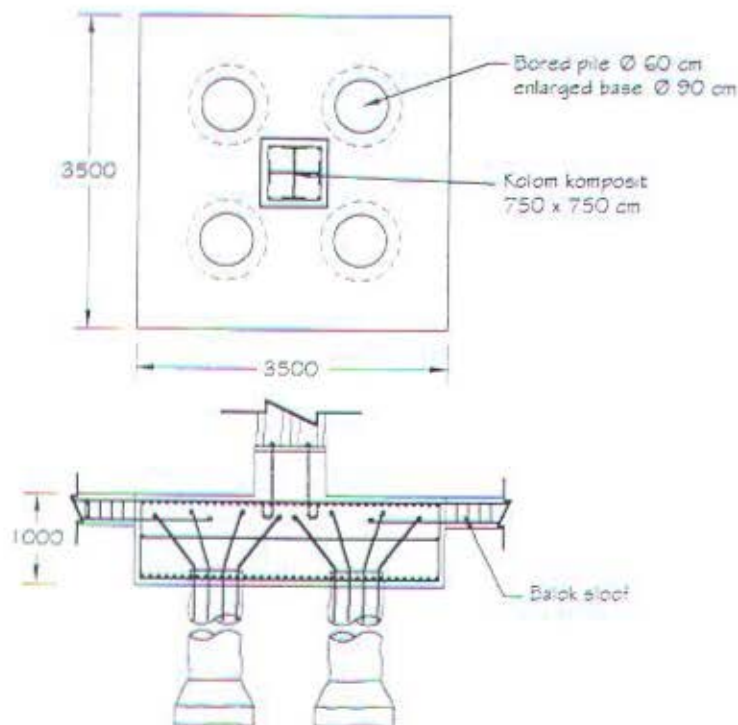
$$Q_{ijin} = 0,656 * 195,809 = 128,442 \text{ ton} < Q_{bahan}$$

Daya dukung yang dipakai berdasarkan  $Q_n = 128,442 \text{ ton}$

$$Q_{ijin} = 128,442 \text{ ton} \quad (\text{untuk beban tetap})$$

Sedangkan untuk beban sementara kemampuan tiang dapat dinaikkan sebesar 50% dari daya dukung untuk beban tetap.

$$Q_{ijin} = 192,664 \text{ ton} \quad (\text{untuk beban sementara})$$



Gambar 5.1 Kelompok Tiang

Kontrol daya dukung tiang maximum ( $P_{max}$ )

$P_{max}$  terjadi pada tiang no. 2 (berdasarkan arah momen yang terjadi)

$$\Sigma X^2 = 2 * 0,75^2 = 0,5 \text{ m}^2 \quad \Sigma Y^2 = 2 * 0,75^2 = 0,5 \text{ m}^2$$

$$X_{max} = 0,75 \text{ meter} \quad Y_{max} = 0,75 \text{ meter}$$

Momen tambahan akibat gaya horisontal dengan tebal poer direncanakan setebal 1 meter.

$$M_x = 0,016 \text{ t} * 1 \text{ m} = 0,016 \text{ tm} \quad (\text{untuk beban tetap})$$

$$M_y = 7,484 \text{ t} * 1 \text{ m} = 7,484 \text{ tm} \quad (\text{untuk beban tetap})$$

$$M_x = 0,635 \text{ t} * 1 \text{ m} = 0,635 \text{ tm} \quad (\text{untuk beban sementara})$$

$$M_y = 5,085 \text{ t} * 1 \text{ m} = 5,085 \text{ tm} \quad (\text{untuk beban sementara})$$

1. Berdasarkan beban tetap

$$\begin{aligned}
 P_{maks} &= \frac{\Sigma P}{n} + \frac{M_x * Y_{max}}{\Sigma Y^2} + \frac{M_y * X_{max}}{\Sigma X^2} \\
 &= \frac{441,620}{4} + \frac{(0,069 + 0,016) * 0,75}{1,125} + \frac{(6,937 + 7,484) * 0,75}{1,125} \\
 &= 120,075 \text{ ton} \leq \overline{Q_n} = 128,442 \text{ ton} \quad (\text{OK})
 \end{aligned}$$

2. Berdasarkan beban sementara

$$\begin{aligned}
 P_{maks} &= \frac{\Sigma P}{n} + \frac{M_x * Y_{max}}{\Sigma Y^2} + \frac{M_y * X_{max}}{\Sigma X^2} \\
 &= \frac{442,692}{4} + \frac{(1,792 + 0,635) * 0,75}{1,125} + \frac{(29,957 + 5,085) * 0,75}{1,125} \\
 &= 135,652 \text{ ton} \leq \overline{Q_n} = 192,664 \text{ ton} \quad (\text{OK})
 \end{aligned}$$

### 5.3 Daya Dukung Lateral

Faktor kekakuan relatif

$$\begin{aligned}
 T &= \left( \frac{EI}{f} \right)^{1/5} \\
 E &= 4700 * \sqrt{f_c'} = 4700 * \sqrt{30} \\
 &= 25742,9602 \text{ MPa} = 257429,602 \text{ kg/cm}^2 \\
 I &= \frac{1}{64} D^4 = \frac{1}{64} * 60^4 = 202500 \text{ cm}^4
 \end{aligned}$$

Dari data tanah hasil uji unconfined compression test didapat nilai :

$$\begin{aligned}
 q_{u \text{ rata-rata}} &= \frac{1,4 + 0,13 + 0,3 + 1,51 + 0 + 6,26}{6} \\
 &= 1,6 \text{ kg/cm}^2 \quad (\text{sampai kedalaman } \pm 17 \text{ meter}) \\
 &= 1,6 * \frac{929,0304}{1000} = 1,4864 \text{ t/ft}^2
 \end{aligned}$$

Dari tabel didapat nilai (koef. Variasi dari modulus tanah).

$$\begin{aligned}
 f &= 11 \text{ t/ft}^3 \\
 &= 11 * \frac{1000}{28316,846} = 0,38846 \text{ kg/cm}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 T &= \left( \frac{257429,602 * 202500}{0,38846} \right)^{1/5} \\
 &= 168,097 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Diasumsikan bahwa tanah mempunyai modulus tanah yang bertambah secara linear, kedalaman sampai pada taraf penjepitan lateral adalah :

$$\begin{aligned} Z_t &= 1,8 T \\ &= 1,8 * 168,1 \text{ cm} = 302,575 \text{ cm} \end{aligned}$$

Kekuatan bahan pondasi

$$\begin{aligned} \sigma_{maks} &= f_c' = \text{tegangan tarik/tekan maksimum bahan tiang} \\ &= 300 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} W &= \frac{I}{c}, \quad c = \frac{1}{2} D \\ &= \frac{202500 \text{ cm}^4}{\frac{1}{2} 60 \text{ cm}} = 6750 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M &= \sigma_{maks} * W \\ &= 300 \text{ kg/cm}^2 * 6750 \text{ cm}^3 = 2025000 \text{ kgcm} \\ &= 20250 \text{ kgm} \end{aligned}$$



Untuk fixed head

$$\text{Momen } (M_t) = F_m H T$$

$$\text{Defleksi } (y_t) = \frac{F_y H T^3}{EI}$$

$$L = 17 \text{ meter}$$

$$\frac{L}{T} = \frac{17}{1,681} = 10,113$$

$Z = 0$  (momen dan defleksi yang dicari berada diujung tiang)

Dari tabel di dapat :

$$F_m = -0,92$$

$$F_y = 0,93$$

Beban lateral yang dapat ditahan tiang adalah :

$$\begin{aligned} H &= \frac{M_t}{F_m T} = \frac{20250 \text{ kgm}}{-0,92 * 1,681} = -13093,914 \text{ kg} \\ &= -13,094 \text{ ton} \end{aligned}$$

Defleksi di ujung tiang yang terjadi sebesar :

$$y_t = \frac{F_y H T^3}{EI} = \frac{0,93 * 13093,914 * 168,1^3}{257429,602 * 202500} = 1,1096 \text{ cm}$$



### Gaya horisontal yang diterima satu tiang

Efisiensi daya dukung lateral, dianggap bahwa tiang pada baris pertama yang terkena beban akan memikul 100% gaya lateral dan tiang pada baris kedua hanya menerima 25% dari gaya lateral, sehingga jumlah tiang ( $n$ ) = 2,5.

$$\begin{aligned} H_{\text{tiang}} &= \frac{H}{n} = \frac{7,484}{2,5} \\ &= 2,9936 \text{ ton} < 13,094 \text{ ton} \quad (\text{OK}) \end{aligned}$$

## 5.4 Desain Poer Pondasi

Data perencanaan :

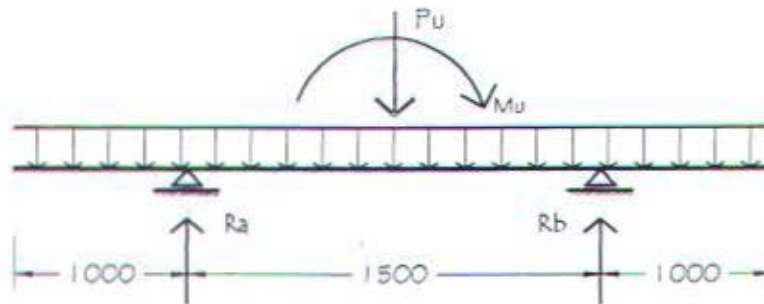
- Dimensi poer :
  - tinggi ( $h$ ) = 1000 mm
  - lebar ( $b$ ) = 3500 mm
  - panjang ( $L$ ) = 3500 mm
  - $\varnothing$  tul. utama = 25 mm ( $A_s = 490,874 \text{ mm}^2$ )
- Selimut beton = 70 mm (berhubungan langsung dengan tanah)
- Tinggi efektif balok poer
  - $d_x = 1000 - (70 + \frac{1}{2} * 25) = 917,5 \text{ mm} \approx 915 \text{ mm}$
  - $d_y = 1000 - (70 + 25 + \frac{1}{2} * 25) = 892,5 \text{ mm} \approx 890 \text{ mm}$
- Mutu bahan :
  - $f'_c = 30 \text{ Mpa}$
  - $f_y = 240 \text{ Mpa}$

Untuk perhitungan pembebanan pada poer, diasumsikan poer sebagai 2 perletakan sederhana dengan tumpuan pondasi tiang bor.

- Berat sendiri poer =  $1,0 * 3,5 * 2400 \text{ kg/m}^3$   
= 8400 kg/m'
- Berat lean concrete =  $0,2 * 3,5 * 2100 \text{ kg/m}^3$   
= 1470 kg/m'
- $q_u = 1,2 * (8400 + 1470) = 11844 \text{ kg/m'}$   
= 11,844 ton/m'

Reaksi perletakan dihitung dari beban yang diterima pondasi tiang akibat beban aksial dan beban momen dari kombinasi 4 nomor elemen 39 (beban tetap maksimum) ditambah berat poer sendiri.

- Aksial ( $P$ ) = 610,334 ton
- Momen :  $M_x = 19,598 \text{ tm}$        $M_y = 0,285 \text{ tm}$



Gambar 5.2 Pembebanan pada poer

$$R_{a,b} = \frac{610,334 \text{ ton}}{2} + \frac{11,844 \text{ t/m} \cdot 3,5 \text{ m}}{2} \mp \frac{19,598 \text{ tm}}{1,5 \text{ m}}$$

$$R_a = 312,829 \text{ ton}$$

$$R_b = 338,959 \text{ ton}$$

Besarnya gaya momen

$$\begin{aligned} M_{\text{lumpuan}} &= -\left(\frac{1}{2} \cdot q \cdot L^2\right) \\ &= -\left(\frac{1}{2} \cdot 11,844 \cdot 1,0^2\right) = -5,922 \text{ tm} \\ &= -5,81 \cdot 10^7 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{\text{lapangan}} &= R_b \cdot \frac{1}{2} \cdot 1,5 - \left(\frac{1}{2} \cdot q \cdot l^2\right) \\ &= 338,959 \cdot 0,75 - \left(\frac{1}{2} \cdot 11,844 \cdot 1,75^2\right) \\ &= +236,083 \text{ kgm} \\ &= +2,316 \cdot 10^9 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \beta_1 &= 0,85 - 0,008 \cdot (f_c' - 30) \\ &= 0,85 - 0,008 \cdot (30 - 30) = 0,85 \end{aligned}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 f_c'} = \frac{240 \text{ MPa}}{0,85 \cdot 30 \text{ MPa}} = 9,41176$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{balance}} &= \frac{0,85 \cdot \beta \cdot f_c'}{f_y} \cdot \frac{600}{600 + f_y} \\ &= \frac{0,85 \cdot 0,85 \cdot 30}{240} \cdot \frac{600}{600 + 240} = 0,0645 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{maks}} &= 0,75 \rho_{\text{balance}} \\ &= 0,75 \cdot 0,0645 = 0,04838 \end{aligned}$$

$$\rho_{\text{min}} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{240} = 0,005833$$

## 1. Penulangan lentur tumpuan

$$R_n = \frac{(1-\delta) \cdot M_u}{\phi \cdot b \cdot d_y^2}$$

$$= \frac{(1-0,5) \cdot 5,81 \cdot 10^7}{0,8 \cdot 3500 \cdot 890^2} = 0,0130981$$

$$\rho\delta = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2mR_n}{f_y}} \right)$$

$$= \frac{1}{9,41176} \cdot \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 9,41176 \cdot 0,0130981}{240}} \right) = 0,0000546$$

$$\rho' = \frac{\delta \cdot M_u}{\phi \cdot f_y \cdot (d - d') \cdot b \cdot d_y}$$

$$= \frac{0,5 \cdot 5,81 \cdot 10^7}{0,8 \cdot 240 \cdot (890 - 95) \cdot 3500 \cdot 890} = 0,0000611$$

$$\rho = \rho\delta + \rho'$$

$$= 0,0000546 + 0,0000611 = 0,0001157$$

$$\rho_{min} > \rho_{perlu}$$

Sehingga untuk penulangan pada tumpuan dipakai  $\rho_{min}$

$$\rho_{tarik} = 0,005833 \quad (\rho_{min})$$

$$A_s = \rho \cdot b \cdot d_y = 0,005833 \cdot 3500 \cdot 890$$

$$= 18170,833 \text{ mm}^2$$

$$\text{dipasang } 38 \text{ } \varnothing 25 \text{ mm} \quad (A_{s \text{ act}} = 18653,206 \text{ mm}^2)$$

$$\rho_{tekan} = 0,005833 \quad (\rho_{min})$$

$$A_s = \rho \cdot b \cdot d_y = 0,005833 \cdot 3500 \cdot 890$$

$$= 18170,833 \text{ mm}^2$$

$$\text{dipasang } 38 \text{ } \varnothing 25 \text{ mm} \quad (A_{s \text{ act}} = 18653,206 \text{ mm}^2)$$

**Kontrol lebar balok**

Lebar balok bersih ( $L_b$ )

$$L_b = B - 2 \cdot (d' + \varnothing_{senggang})$$

$$= 3500 - 2 \cdot (70 + 25) = 3310 \text{ mm}$$

Lebar kebutuhan dari tulangan ( $L_t$ )

$$L_t = (38 \cdot 25) + (37 \cdot 40) = 2430 \text{ mm}$$

$$L_t < L_b \quad (\text{dibuat 1 lapis tulangan})$$



Jarak antar tulangan adalah (S)

$$\begin{aligned}
 S &= \frac{L_b - (n \cdot \phi_{tul})}{n - 1} \\
 &= \frac{3310 - (38 \cdot 25)}{38 - 1} \\
 &= 63,784 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

## 2. Penulangan lentur lapangan

$$\begin{aligned}
 R_n &= \frac{(1 - \delta) \cdot M_u}{\phi \cdot b \cdot d_y^2} \\
 &= \frac{(1 - 0,5) \cdot 2,316 \cdot 10^9}{0,8 \cdot 3500 \cdot 890^2} = 0,52212
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho \delta &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2mR_n}{f_y}} \right) \\
 &= \frac{1}{9,41176} \cdot \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 9,41176 \cdot 0,52212}{240}} \right) = 0,002198
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho' &= \frac{\delta \cdot M_u}{\phi \cdot f_y \cdot (d - d') \cdot b \cdot d_y} \\
 &= \frac{0,5 \cdot 2,316 \cdot 10^9}{0,8 \cdot 240 \cdot (890 - 95) \cdot 3500 \cdot 890} = 0,002435
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho &= \rho \delta + \rho' \\
 &= 0,002198 + 0,002435 = 0,004633
 \end{aligned}$$

$$\rho_{min} > \rho_{perlu}$$

Sehingga untuk penulangan pada lapangan dipakai  $\rho_{min}$

$$\rho_{tarik} = 0,005833 \quad (\rho_{min})$$

$$\begin{aligned}
 A_s &= \rho \cdot b \cdot d_s = 0,005833 \cdot 3500 \cdot 890 \\
 &= 18170,833 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\text{dipasang } 38 \text{ } \varnothing 25 \text{ mm} \quad (A_{s \text{ act}} = 18653,206 \text{ mm}^2)$$

$$\rho_{tekan} = 0,005833 \quad (\rho_{min})$$

$$\begin{aligned}
 A_s &= \rho \cdot b \cdot d_s = 0,005833 \cdot 3500 \cdot 890 \\
 &= 18170,833 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\text{dipasang } 38 \text{ } \varnothing 25 \text{ mm} \quad (A_{s \text{ act}} = 18653,206 \text{ mm}^2)$$

**Kontrol lebar balok**Lebar balok bersih ( $L_b$ )

$$\begin{aligned} L_b &= B - 2 * (d' + \varnothing_{\text{senggang}}) \\ &= 3500 - 2 * (70 + 25) = 3310 \text{ mm} \end{aligned}$$

Lebar kebutuhan dari tulangan ( $L_t$ )

$$L_t = (38 * 25) + (37 * 40) = 2340 \text{ mm}$$

$$L_t < L_b \quad (\text{dibuat 1 lapis tulangan})$$

Jarak antar tulangan adalah (S)

$$\begin{aligned} S &= \frac{L_b - (n * \phi_{tul})}{n - 1} \\ &= \frac{3310 - (38 * 25)}{38 - 1} \\ &= 63,784 \text{ mm} \end{aligned}$$

*Penulangan arah Y disamakan dengan arah X, karena bentuk poer simetris*

**3. Perhitungan geser satu arah**

Penulangan daerah tumpuan dan lapangan disamakan sepanjang bentang pada arah X dan Y, karena bentang balok poer sangat pendek.

Dimensi kolom : 700/700

Dimensi poer :  $b = 3500 \text{ mm}$ 

$$h = 1000 \text{ mm}$$

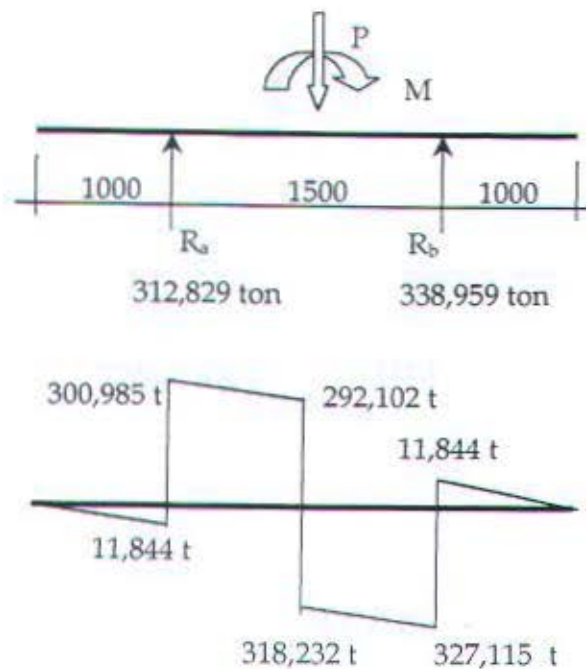
$$d = 1000 - (70 + 25 + \frac{1}{2} * 25)$$

$$= 892,5 \text{ mm} \approx 890 \text{ mm}$$

Diasumsikan poer sebagai suatu perletakan sederhana dengan dua tumpuan, dimana beban aksial kolom bekerja di tengah-tengah. Besarnya gaya yang bekerja pada poer adalah :

$$\begin{aligned} \text{▪ Aksial (P)} &= 610,334 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$\text{▪ Momen : } M_x = 19,598 \text{ tm} \quad M_y = 0,285 \text{ tm}$$



Gambar 5.3 Gaya geser pada poer

Geser maksimum berada pada daerah  $R_b$ , dimana :

$$V_u = (338,959 - 1 \cdot 11,844) = 327,115 \text{ ton} \\ = 3208998,150 \text{ N}$$

$$V_c = \frac{1}{6} \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b_o \cdot d \\ = \frac{1}{6} \cdot \sqrt{30} \cdot 3500 \cdot 890 = 2843592,945 \text{ N}$$

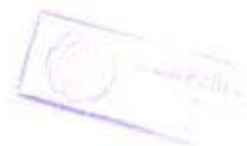
$$V_s = \frac{V_u}{\phi} - V_c \\ = \frac{3208998,150}{0,6} - 2843592,945 = 2504737,305 \text{ N}$$

Diameter tulangan geser 25 mm ( $A_v = 981,747 \text{ mm}^2$ )

$$S = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_s} \\ = \frac{981,747 \cdot 240 \cdot 890}{2504737,305} = 83,722 \text{ mm}$$

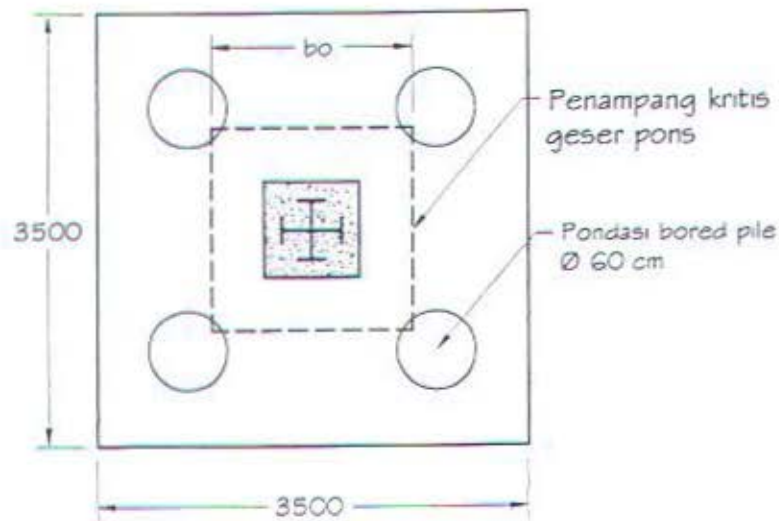
$$S_{maks} < \frac{d}{4} = \frac{890}{4} = 222,5 \text{ mm}$$

Dipasang sengkang  $\varnothing 25 - 80 \text{ mm}$





#### 4. Perhitungan geser dua arah (Pons)



Gambar 5.4 Daerah geser pons

$$P = 610,334 \text{ ton}$$

$$= 5987376,540 \text{ N}$$

Beban geser terfaktor yang bekerja adalah sebesar

$$V_u = \frac{P}{\phi} = \frac{5987376,540 \text{ N}}{0,6}$$

$$= 9978960,9 \text{ N}$$

Kemampuan geser yang dapat dipikul oleh beton diambil yang terkecil dari nilai-nilai berikut :

$$\beta_c = 1 \text{ (rasio sisi panjang dan pendek dari kolom)}$$

$$b_0 = \text{sisi penampang kritis} = 1700 \text{ mm}$$

$$V_{c1} = 4 \sqrt{f'_c} b_0 d$$

$$= 4 * \sqrt{30 \text{ MPa}} * 1700 \text{ mm} * 890 \text{ mm} = 33148169,2 \text{ N}$$

$$V_{c2} = \left( 2 + \frac{4}{\beta_c} \right) \sqrt{f'_c} b_0 d$$

$$= \left( 2 + \frac{4}{1} \right) * \sqrt{30} * 1700 \text{ mm} * 890 \text{ mm} = 49722253,8 \text{ N}$$

$$V_{c3} = \left( \frac{\alpha_s d}{b_0} \right) \frac{1}{12} \sqrt{f'_c} b_0 d, \quad \alpha_s = 30 \text{ (el. 39 merupakan kolom tepi)}$$

$$= \left( \frac{30 * 890}{1700} \right) * \frac{1}{12} * \sqrt{30} * 1700 \text{ mm} * 890 \text{ mm} = 10846275,95 \text{ N}$$

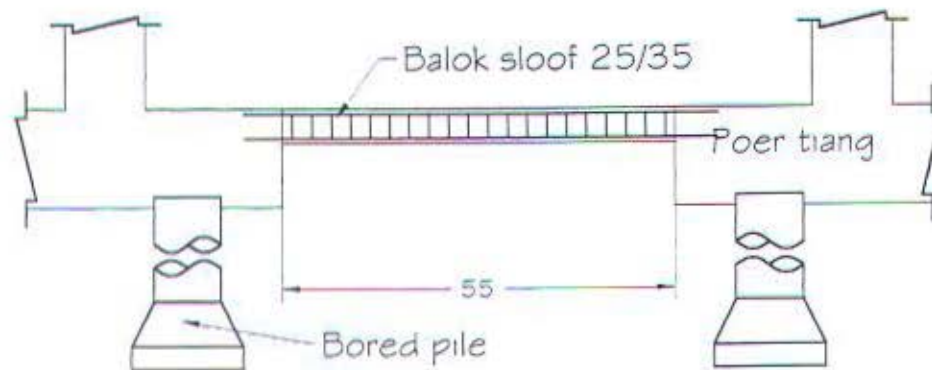
Diambil gaya yang terkecil dari ketiga rumus diatas ( $V_{\Delta}$ )

$$V_u = 9978960,9 \text{ N} < V_{\Delta}$$

Sehingga tidak diperlukan tulangan geser pons

## 5.5 Desain Sloof Pondasi

Penentuan dimensi balok sloof dilakukan dengan mempertimbangkan syarat bahwa tegangan tarik yang terjadi tidak melampaui tegangan tarik ijin beton yang ada ( $f_{ct}$ ). Gaya aksial yang bekerja diambil sebesar 10% dari beban aksial kolom yang terjadi pada kondisi pembebanan gempa, sloof direncanakan berukuran 25/35.



Gambar 5.5 Sloof pondasi

### 1. Penulangan lentur balok sloof

- Ukuran sloof : -  $b = 250 \text{ mm}$   
                               -  $h = 350 \text{ mm}$   
                               -  $A_g = 87500 \text{ mm}^2$
- Mutu bahan : -  $f'_c = 30 \text{ Mpa}$   
                               -  $f_y = 240 \text{ Mpa}$
- Selimut beton =  $70 \text{ mm}$
- Tulangan : - utama  $\varnothing 25 \text{ mm}$   
                               - sengkang  $\varnothing 10 \text{ mm}$
- Tinggi efektif ( $d$ ) =  $350 - (70 + 10 + \frac{1}{2} \cdot 25)$   
                               =  $257,5 \approx 255 \text{ mm}$

Penulangan sloof akibat beban aksial dan lentur.

Beban pada sloof :

- Berat sendiri sloof =  $0,25 \times 0,35 \times 2400 = 210 \text{ kg/m'}$
- Berat dinding =  $3 \times 250 = 750 \text{ kg/m'}$  +  
 $\underline{\hspace{10em}} q_d = 960 \text{ kg/m'}$

$$\begin{aligned} q_u &= 1,2 * q_d \\ &= 1,2 * 960 \text{ kg/m'} &= 1152 \text{ kg/m'} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{\text{tump}} &= \frac{1}{12} q_u l^2 \\ &= \frac{1}{12} * 1152 * 7,5^2 \\ &= 5400 \text{ kgm} \\ &= 52974000 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{lap} &= \frac{1}{2} M_{tump} \\ &= \frac{1}{2} * 52974000 \text{ Nmm} = 26487000 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Gaya tekan pada sloof

$$P_u = 396,799 \text{ ton} \quad (\text{kombinasi 7})$$

$$P_u = 10\% \cdot 396,799 = 39,68 \text{ ton}$$
$$= 389260,8 \text{ N}$$

$$Y = \frac{P_u}{\phi A_g \beta_1 f_c'} = \frac{389260,8}{0,65 \cdot 87500 \cdot 0,85 \cdot 30} = 0,2684 < 2,0 \quad (\text{OK})$$

$$\begin{aligned} X &= \frac{M_n}{\phi A_g \beta_1 f_c' h} \\ &= \frac{52974000}{0,65 * 87500 * 0,85 * 30 * 350} = 0,10436 < 2,0 \quad (\text{OK}) \end{aligned}$$

Dari diagram interaksi buku Gideon Kusuma, didapat :

$$r = 0,002 \rightarrow \beta = 1,20$$

$$\rho = r \beta$$

$$= 0,002 * 1,20 = 0,00240 < \rho_{\min}$$

$$\begin{aligned} \text{Maka : } A_s &= \rho_{\min} b d \\ &= 0,005833 * 250 * 255 \\ &= 371,875 \text{ mm}^2 \text{ (dipasang 4 } \varnothing 25 \text{ mm)} \end{aligned}$$



Kontrol terhadap gaya tarik pada sloof, gaya tarik (T) diambil sebesar gaya tekan = 389260,8 N, gaya tarik ini akan ditahan seluruhnya oleh tulangan balok sloof.

$$T = A_s f$$

$$389260,8 \text{ N} = A_s \cdot 400 \text{ Mpa}$$

$$A_s = 973,152 \text{ mm}^2 \quad (\text{dipasang } 4 \text{ } \varnothing 25 \text{ mm})$$

*Balok sloof dipasang tulangan 4  $\varnothing 25$  mm*

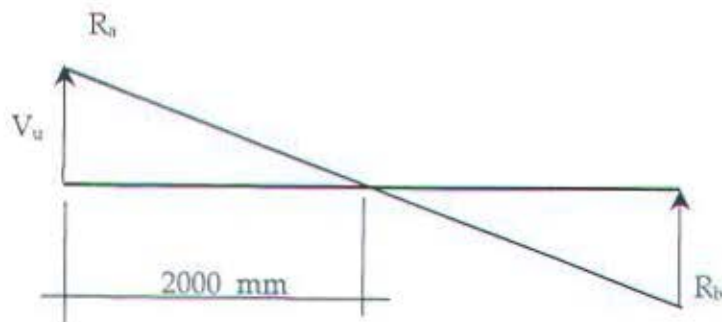
#### Kontrol lebar balok sloof

$$L_b = 2 \cdot (70 + 10) + (2 \cdot 25) + 40$$

$$= 250 \text{ mm} \leq 250 \text{ mm} \quad (\text{OK})$$

#### 2. Perhitungan penulangan geser sloof

Tulangan geser untuk sloof disamakan sepanjang bentang sloof, karena gaya geser yang relatif kecil dan bentang sloof relatif pendek.



Gaya geser maksimum tumpuan ( $V_u$ ) =  $R_a$

$$R_a = R_b = \frac{1}{2} q l$$

$$= \frac{1}{2} \cdot 1152 \cdot 4,0$$

$$= 2304 \text{ kg} = 22602,24 \text{ N}$$

$$V_c = 2 \cdot \left( 1 + \frac{P_u}{14 \cdot A_g} \right) \frac{1}{6} \sqrt{f'_c} b d$$

$$= 2 \cdot \left( 1 + \frac{389260,8}{14 \cdot 87500} \right) \cdot \frac{1}{6} \cdot \sqrt{30} \cdot 250 \text{ mm} \cdot 255 \text{ mm}$$

$$= 153375,92 \text{ N}$$

$$V_u' = \frac{V_u}{\phi} = \frac{22602,24 \text{ N}}{0,6} = 37670,4 \text{ N}$$

$V_c > V_u'$  (dipasang sengkang minimum)

Direncanakan  $\phi_{\text{sengkang}}$  digunakan 10 mm ( $A_v = 157,0 \text{ mm}^2$ )

$$S_{\text{maks}} = d/4 = 65 \text{ mm} \quad (\text{untuk tumpuan})$$

*Dipasang sengkang minimum  $\phi$  10 – 65 mm*

$$S_{\text{maks}} = d/2 = 127,5 \text{ mm} \quad (\text{untuk lapangan})$$

*Dipasang sengkang minimum  $\phi$  10 – 125 mm*

PERANCANGAN STRUKTUR KOMPOSIT  
GEDUNG PARKIR PASARAYA BLOK-M  
JAKARTA



Bab VI  
KESIMPULAN DAN SARAN

- ♦ Kesimpulan
- ♦ Saran



## KESIMPULAN DAN SARAN

### 6.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil selama desain bangunan dalam Tugas Akhir ini diantaranya adalah :

1. Adanya perbedaan hasil desain (ukuran elemen) pada tugas akhir ini dengan bangunan sebenarnya, hal ini mungkin terjadi karena adanya perbedaan asumsi yang diambil dalam desain elemen, perbedaan perkiraan beban-beban yang bekerja pada struktur. Selain itu metode dalam analisa dan struktur akan mempunyai kontribusi yang menentukan perbedaan-perbedaan yang terjadi.
2. Untuk elemen-elemen tekan dalam rangka atap (pada rangka batang memanjang) kekuatannya kekuatan profil lebih dipengaruhi oleh faktor tekuk elemen daripada kekuatannya, sehingga untuk mengurangi faktor tekuk ini pada rangka batang memanjang diberi pengaku rangka. Hal ini tentu akan semakin menyulitkan pengaruh dalam pelaksanaan pembuatan di lapangan.
3. Untuk struktur-struktur yang direncanakan tidak menahan beban gempa (struktur skunder) didesain secara terpisah dari struktur utama, dan diasumsikan hanya menumpu pada struktur utama dengan asumsi perletakan sendi atau rol, dalam pelaksanaan harus benar-benar diperhatikan penyambungan struktur skunder dengan struktur utama agar sambungan dapat bekerja sesuai dengan yang direncanakan atau diasumsikan dalam desain.
4. Untuk bangunan portal baja tinggi, walaupun untuk kontrol simpangan tidak membutuhkan pengaku (*bracing*), sebaiknya tetap digunakan pengaku. Karena tanpa pengaku dalam perencanaan kolom, kekuatan kolom (elemen tekan) akan banyak dipengaruhi oleh tekuk, sehingga dimensi kolom yang dibutuhkan akan semakin besar dan tidak ekonomis dibandingkan dengan memakai pengaku.

5. Dalam analisa struktur utama, terdapat dua metode analisa yang dapat digunakan
  - a. Gaya gempa diasumsikan bekerja pada dua arah (*biaksial*) di mana bila gaya gempa pada arah-X bekerja sebesar 100% maka pada arah-Y gaya gempa yang bekerja diambil sebesar 30% begitupun sebaliknya, kemudian diambil gaya gempa maksimum.
  - b. Gaya gempa diasumsikan bekerja pada satu arah yang dianggap lebih membahayakan bagi struktur tersebut, gaya gempa yang bekerja akan dikalikan suatu faktor kuat cadang struktur ( $\Omega_0$ ) yang dipengaruhi oleh jenis struktur dan struktur penahan gempa yang akan digunakan (tabel L-7).
6. Sambungan antar elemen bangunan seperti sambungan balok-kolom, balok-balok, diusahakan sedemikian rupa sehingga memenuhi kriteria jenis sambungan seperti yang diasumsikan sehingga dapat bekerja sesuai dengan yang direncanakan dalam analisa strukturnya.
7. Metode pelaksanaan pembangunan sedikit banyak di pengaruhi oleh keadaan lokasi gedung, jenis struktur yang direncanakan, maupun waktu yang tersedia.
8. Penggunaan elemen pracetak seperti lantai, pelaksanaan pekerjaan yang sebagian besar dilaksanakan di tempat lain (pabrikasi) dapat mempercepat pelaksanaan pembangunan, tetapi hal ini akan membutuhkan keakuratan dalam ukuran maupun penyambungan, sehingga asumsi terhadap struktur dalam desain tidak jauh menyimpang dengan kenyataannya di lapangan. Selain itu sebagian besar elemen bangunan merupakan elemen yang terekspose sehingga tidak banyak waktu yang dibutuhkan dalam finishing elemen.
9. Pondasi bored pile dipilih karena pertimbangan pelaksanaan, adanya bangunan lama tentu akan mempersulit pelaksanaan bila pondasi menggunakan tiang pancang.



## 6.2 Saran

Saran-saran yang dapat disampaikan dalam desain Tugas Akhir ini diantaranya :

1. Untuk rangka atap dengan bentang besar sebaiknya menggunakan sistem rangka atap ruang (*space frame*) dengan bentuk rangka segitiga dan dihubungkan dengan *ball joint*, karena sistem rangka atap ini relatif lebih aman terhadap bahaya tekuk yang mungkin terjadi pada rangka.
2. Walaupun dalam kontrol simpangan penggunaan pengaku bangunan tidak diperlukan, untuk bangunan tinggi dari portal baja sebaiknya tetap memakai pengaku untuk mengurangi pengaruh tekuk pada elemen-elemen tekan seperti kolom.
3. Profil kolom sebaiknya dipilih berdasarkan pada analisa gaya gempa yang diambil (seperti kesimpulan 5). Bila digunakan metode (a) maka profil kolom jenis king cross (K) akan lebih efisien daripada profil wide flange (WF), karena profil jenis ini dapat menahan gaya yang terjadi pada dua arah dengan kemampuan yang hampir sama besar. Sedangkan bila digunakan metode (b) maka profil kolom sebaiknya digunakan profil kolom jenis WF akan lebih efisien daripada profil K, karena gaya yang bekerja pada kolom akan sangat besar pada satu arah saja sedangkan pada arah lainnya akan sangat kecil.





## DAFTAR PUSTAKA

## DAFTAR PUSTAKA

1. Bowless, Joseph, E., *"Foundation Analysis and Design"*, 5<sup>th</sup> Edition, McGraw-Hill International Editions.
2. Departemen Pekerjaan Umum, *"Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Gedung SK SNI T-15-1991-03"*, DPU, Bandung.
3. Departemen Pekerjaan Umum, *"Peraturan Perencanaan Tahan Gempa Indonesia untuk Gedung"*, DPU, Bandung, 1987.
4. Dayaratnam, P., *"Design of Steel Structures"*, 2<sup>nd</sup> Edition, New Delhi, 1996.
5. Diarsa, Made, G. Ir. MSCE, *"Rekayasa Fondasi Perencanaan Praktis dan Metode Pelaksanaan"*, Edisi 3, Politeknik ITB, Bandung, Juli 1997.
6. Laboratorium Mekanika Struktur, Pusat Penelitian Antar Universitas Ilmu Rekayasa, Institut Teknologi Bandung, *"Tata Cara Perencanaan Struktur Baja Untuk Bangunan Gedung"*, Kursus Singkat Perencanaan Struktur Baja Dengan Metode LRFD, Bandung, 2000.
7. Lin, T.Y., and Burns, Ned H., *"Desain Struktur Beton Prategang Jilid 1"*, Edisi ketiga, Erlangga, Jakarta, 1996.
8. Mochtar, Indasurya B. Ir. M.Sc., Ph.D, *"Teknologi Perbaikan Tanah dan Alternatif Perencanaan Pada Tanah Bermasalah (Problematic Soil)"*, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 2000.
9. Salmon, Charles G., *"Struktur Baja Desain dan Perilaku 1"*, Edisi ketiga, PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta, 1992.
10. Salmon, Charles G., *"Struktur Baja Desain dan Perilaku "*, Edisi ketiga, PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta, 1992.

11. Segui, William T., "*LRFD Steel Design*", PWS Publishing Company, Boston, Massachusetts, 1994.
12. Smith, J.C., "*Structural Steel Design LRFD approach*", 2<sup>nd</sup> Edition, John Wiley & Sons, Inc., New York, 1996.
13. Tomlinson, M.J., "*Pile Design and Construction Practice*", 4<sup>th</sup> Edition, E & FN SPON, Great Britain, 1997



PERANCANGAN STRUKTUR KOMPOSIT  
GEDUNG PARKIR PASARAYA BLOK-M  
JAKARTA



LAMPIRAN-LAMPIRAN

- ◆ Tabel Profil
- ◆ Data Input SAP90
- ◆ Perhitungan Gaya Gempa
- ◆ Kontrol Simpangan
- ◆ Kontrol Waktu Getar Alami
- ◆ Data-Data Tanah
- ◆ Data Profil T dan Elevator



# ge Shape

$E = 200000 \text{ MPa}$   
 $G = 80000 \text{ MPa}$   
 $f_y = 240 \text{ MPa}$   
 $f_c = 70 \text{ MPa}$   
 $= 115 \text{ MPa}$

(Untuk Profil buatan pabrik)  
 (Untuk Profil buatan dilasi)

h of ion ) n	Flange Width (B)	Thickness Web (t <sub>w</sub> )	Flange e (t <sub>f</sub> )	Corner Radius (r)	Sectional Area	Moment of Inertia		Radius of Gyration		Elastic Modulus of		Plastic Modulus of Section		$f_t$	Torsional Constant J	Warping Constant C <sub>w</sub>	Lateral Torsional Bending Moment		Length of Beam		Moment		
						I <sub>x</sub>	I <sub>y</sub>	i <sub>x</sub>	i <sub>y</sub>	S <sub>x</sub>	S <sub>y</sub>	Z <sub>x</sub>	Z <sub>y</sub>				X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	L <sub>p</sub>	L <sub>r</sub>	M <sub>px</sub>	M <sub>py</sub>	M <sub>u</sub>
	mm	mm	mm	mm	cm <sup>2</sup>	cm <sup>4</sup>	cm <sup>4</sup>	cm	cm	cm <sup>3</sup>	cm <sup>3</sup>	cm <sup>3</sup>	cm <sup>3</sup>	MPa	mm <sup>4</sup>	mm <sup>6</sup>	MPa	1/MPa <sup>2</sup>	cm	cm	kgcm	kgcm	kgcm
2	302	18	34	28	364,0	498.000	15.700	37,0	6,56	10.900	1.040	12395,4	1618,83	170	9533941	3,026E+13	15202,337	1,568E-04	333,3	1074,0	29748893	3885197	1853
0	300	16	28	28	309,8	411.000	12.600	36,4	6,39	9.140	843	10291,7	1314,02	170	5542741	2,395E+13	12739,479	3,231E-04	324,7	983,1	24700186	3153638	1553
0	299	15	23	28	270,9	345.000	10.300	35,7	6,16	7.760	688	8712,7	1075,59	170	3374789	1,936E+13	10948,659	6,210E-04	313,0	917,9	20910491	2581408	1319
8	302	16	30	28	307,6	339.000	13.800	33,2	6,70	8.400	915	9422,6	1415,93	170	6457269	2,088E+13	14908,474	1,600E-04	340,4	1078,9	22614230	3398237	1428
0	300	14	26	28	267,4	292.000	11.700	33,0	6,62	7.290	782	8096,9	1206,65	170	4199371	1,752E+13	12916,360	2,821E-04	336,3	1009,1	19432474	2895965	1239
2	300	14	22	28	243,4	254.000	9.930	32,3	6,39	6.410	662	7112,9	1026,65	170	2813771	1,472E+13	11472,062	4,808E-04	324,7	950,6	17070874	2463965	1089
8	302	15	28	28	273,6	237.000	12.900	29,4	6,86	6.700	853	7462,6	1313,53	170	5153169	1,491E+13	15747,634	1,221E-04	348,5	1123,9	17910250	3152474	1139
0	300	13	24	28	235,5	201.000	10.800	29,3	6,78	5.760	722	6335,2	1107,55	170	3242281	1,234E+13	13480,102	2,253E-04	344,5	1039,8	15204451	2658113	979
2	300	13	20	28	211,5	172.000	9.020	28,6	6,53	4.980	602	5473,6	927,55	170	2077481	1,018E+13	11827,400	4,055E-04	331,8	970,8	13136611	2226113	846
4	302	14	23	28	222,4	137.000	10.600	24,9	6,90	4.620	701	5097,1	1075,70	170	2930860	8,640E+12	15580,973	1,249E-04	350,6	1121,8	12233062	2581675	785
8	300	12	20	28	192,5	118.000	9.020	24,8	6,85	4.020	601	4368,9	919,73	170	1915648	7,275E+12	13422,767	2,220E-04	348,0	1043,6	10485389	2207347	680
12	300	12	17	28	174,5	103.000	7.670	24,3	6,63	3.530	511	3825,8	784,73	170	1298248	6,121E+12	11981,100	3,688E-04	336,8	981,7	9181829	1883347	600
2	202	13	23	22	170,7	103.000	3.180	24,6	4,31	3.380	314	3831,1	493,16	170	2052990	2,758E+12	15562,822	1,469E-04	219,0	715,7	9194592	1183583	574
6	201	12	20	22	152,5	90.400	2.720	24,3	4,22	2.980	271	3357,0	424,39	170	1398016	2,335E+12	13767,960	2,438E-04	214,4	669,4	8056771	1018526	506
0	200	11	17	22	134,4	77.600	2.280	24,0	4,12	2.590	228	2892,1	357,12	170	906182	1,937E+12	11972,985	4,338E-04	209,3	627,7	6940990	857092	440
6	199	10	15	22	120,5	68.700	1.980	23,9	4,05	2.310	199	2557,6	311,16	170	636417	1,671E+12	10652,393	6,949E-04	205,8	600,1	6138150	746778	392
8	300	11	18	26	163,5	71.000	8.110	20,8	7,04	2.910	541	3148,4	823,67	170	1366937	4,479E+12	14435,607	1,564E-04	357,7	1094,1	7556246	1976815	494
12	300	11	15	26	145,5	60.400	6.760	20,4	6,82	2.500	451	2697,1	688,67	170	875537	3,686E+12	12685,970	2,778E-04	346,5	1018,5	6473006	1652815	425
6	201	11	19	20	131,3	56.500	2.580	20,7	4,43	2.230	257	2498,4	397,97	170	1126742	1,530E+12	15326,204	1,452E-04	225,1	723,2	5996279	955120	379
0	200	10	16	20	114,2	47.800	2.140	20,5	4,33	1.910	214	2122,0	331,70	170	702133	1,253E+12	13173,596	2,709E-04	220,0	668,7	5092704	796080	324
6	199	9	14	20	101,3	41.900	1.840	20,3	4,27	1.690	185	1855,2	286,68	170	477761	1,069E+12	11566,937	4,542E-04	216,9	633,8	4452379	688042	287
0	300	11	18	24	157,4	56.100	8.110	18,9	7,18	2.550	541	2776,2	822,22	170	1345641	3,611E+12	16036,948	9,992E-05	364,8	1167,6	6662986	1973330	433
34	299	10	15	24	135,0	46.800	6.690	18,6	7,04	2.160	448	2320,9	680,61	170	807417	2,936E+12	13581,785	1,963E-04	357,7	1064,7	5570142	1633458	367
50	200	9	14	18	96,76	33.500	1.870	18,6	4,40	1.490	187	1641,1	288,55	170	468413	8,887E+11	12696,115	3,005E-04	223,6	666,4	3938614	692509	253
16	199	8	12	18	84,30	28.700	1.580	18,5	4,33	1.290	159	1406,9	244,36	170	301269	7,440E+11	10977,322	5,396E-04	220,0	629,8	3376531	586459	219

Prepared



# ge Shape

E = 200000 MPa  
G = 80000 MPa  
f<sub>y</sub> = 240 MPa  
f<sub>r</sub> = 70 MPa  
= 115 MPa

(Untuk Profil buatan pabrik)  
(Untuk Profil buatan dilas)

No	Flange Width (B)	Thickness		Corner Radius (r)	Sectional Area	Moment of Inertia		Radius of Gyration		Elastic Modulus of		Plastic Modulus of Section		Torsional Constant	Warping Constant	Lateral Torsional Bending Moment		Length of Beam		Moments					
		Web (t <sub>w</sub> )	Flange (t <sub>f</sub> )			I <sub>x</sub>	I <sub>y</sub>	i <sub>x</sub>	i <sub>y</sub>	S <sub>x</sub>	S <sub>y</sub>	Z <sub>x</sub>	Z <sub>y</sub>			f <sub>t</sub>	J	C <sub>w</sub>	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	L <sub>p</sub>	L <sub>r</sub>	Plastic		Ultimate
																							M <sub>px</sub>	M <sub>py</sub>	M <sub>u</sub>
	mm	mm	mm	mm	cm <sup>2</sup>	cm <sup>4</sup>	cm <sup>4</sup>	cm	cm	cm <sup>3</sup>	cm <sup>3</sup>	cm <sup>3</sup>	cm <sup>3</sup>	MPa	mm <sup>4</sup>	mm <sup>4</sup>	MPa	1/MPa <sup>2</sup>	cm	cm	kgcm	kgcm	kgcm		
1	432	45	70	22	770,1	298.000	94.400	19,7	11,1	12.000	4.370	15443,0	6713,08	170	109658250	4,323E+13	68046,820	3,428E-07	564,0	6291,2	37063116	16111386	20400		
2	417	30	50	22	528,6	187.000	60.500	18,8	10,7	8.170	2.900	9989,3	4427,78	170	37972000	2,518E+13	48726,826	1,204E-06	543,6	4355,9	23974272	10626660	13889		
3	407	20	35	22	360,7	119.000	39.400	18,2	10,4	5.570	1.930	6488,4	2934,66	170	12588083	1,521E+13	33993,239	4,725E-06	528,4	2989,2	15572142	7043178	9469		
4	405	18	28	22	295,4	92.800	31.000	17,7	10,2	4.480	1.530	5112,7	2325,35	170	6622992	1,155E+13	27742,731	1,065E-05	518,2	2437,1	12270571	5580835	7616		
5	403	16	24	22	254,9	78.000	26.200	17,5	10,1	3.840	1.300	4323,4	1971,82	170	4202837	9,558E+12	23950,790	1,903E-05	513,1	2132,1	10376218	4732368	6528		
6	408	21	21	22	250,7	70.900	23.800	16,8	9,75	3.540	1.170	4010,1	1787,34	170	3624138	8,547E+12	23926,057	2,141E-05	495,4	2068,5	9624233	4289620	6018		
7	400	13	21	22	218,7	66.600	22.400	17,5	10,1	3.330	1.120	3688,3	1695,13	170	2731775	8,044E+12	20625,169	3,335E-05	513,1	1898,9	8851999	4068301	5661		
8	405	18	18	22	214,4	59.700	20.000	16,7	9,65	3.030	985	3383,4	1505,22	170	2270592	7,069E+12	20461,345	3,934E-05	490,3	1822,4	8120131	3612535	5151		
9	398	11	18	22	186,8	56.100	18.900	17,3	10,1	2.850	951	3110,6	1436,47	170	1706257	6,680E+12	17601,944	6,163E-05	513,1	1708,0	7465418	3447517	4845		
10	402	15	15	22	178,5	49.000	16.300	16,6	9,54	2.520	809	2775,0	1232,17	170	1307250	5,670E+12	17033,063	8,078E-05	484,7	1606,9	6660072	2957202	4284		
11	300	10	16	22	136,0	38.700	7.210	16,9	7,28	1.980	481	2154,0	728,95	170	938533	2,521E+12	16033,339	9,727E-05	369,9	1179,7	5169624	1749480	3366		
12	299	9	14	22	120,1	33.700	6.240	16,7	7,21	1.740	418	1874,9	633,06	170	633965	2,159E+12	14091,254	1,629E-04	366,3	1100,2	4499671	1519336	2958		
13	200	8	13	16	84,12	23.700	1.740	16,8	4,34	1.190	174	1302,9	265,98	170	356763	6,515E+11	12935,620	2,604E-04	230,7	683,9	3126845	638362	2023		
14	199	7	11	16	72,16	20.000	1.450	16,7	4,48	1.010	145	1099,6	222,39	170	219340	5,373E+11	11068,294	4,911E-04	227,6	645,5	2639010	533729	1717		
15	352	14	22	20	202,0	47.600	16.000	15,3	8,90	2.670	909	3012,4	1378,23	170	2784107	4,462E+12	24957,566	1,603E-05	452,2	1942,3	7229722	3307757	4539		
16	357	19	19	20	198,4	42.800	14.400	14,7	8,53	2.450	809	2772,0	1238,92	170	2345778	3,944E+12	24742,471	1,867E-05	433,4	1858,4	6652789	2973416	4165		
17	350	12	19	20	173,9	40.300	13.600	15,2	8,84	2.300	776	2556,4	1174,98	170	1780145	3,725E+12	21495,352	2,858E-05	449,1	1713,9	6135257	2819957	3910		
18	354	16	16	20	166,6	35.300	11.800	14,6	8,43	2.050	669	2292,5	1022,50	170	1392640	3,174E+12	20878,435	3,642E-05	428,3	1614,8	5501952	2453990	3485		
19	348	10	16	20	146,0	33.300	11.200	15,1	8,78	1.940	646	2114,2	976,63	170	1054272	3,012E+12	17969,910	5,692E-05	446,1	1504,1	5074099	2343917	3298		
20	351	13	13	20	135,3	28.200	9.380	14,4	8,33	1.670	534	1829,0	813,99	170	742586	2,477E+12	16865,556	8,347E-05	423,2	1394,5	4389606	1953572	2839		
21	250	9	14	20	101,5	21.700	3.650	14,6	6,00	1.280	292	1384,5	443,82	170	533149	9,698E+11	16148,878	9,571E-05	304,8	977,4	3322858	1065163	2176		
22	249	8	12	20	88,15	18.500	3.090	14,5	5,92	1.100	248	1180,7	377,00	170	340096	8,109E+11	13986,663	1,716E-04	300,8	903,5	2833747	904795	1870		
23	175	7	11	14	63,14	13.600	984	14,7	3,95	775	112	851,4	172,46	170	192785	2,827E+11	12649,743	2,902E-04	200,7	592,5	2043443	413893	1317		
24	174	6	9	14	52,68	11.100	792	14,5	3,88	641	91,0	696,2	139,19	170	108180	2,249E+11	10464,855	6,230E-04	197,1	552,9	1670796	334066	1089		
25	301	11	17	18	134,8	23.400	7.730	13,2	7,57	1.540	514	1712,5	778,28	170	1105665	1,592E+12	22275,678	2,497E-05	384,6	1508,3	4110116	1867862	2618		
26	305	15	15	18	134,8	21.500	7.100	12,6	7,26	1.440	466	1611,6	712,88	170	990000	1,442E+12	22542,128	2,685E-05	368,9	1470,3	3867750	1710900	2448		
27	300	10	15	18	119,8	20.400	6.750	13,1	7,51	1.360	450	1498,5	681,75	170	765000	1,371E+12	19779,490	4,011E-05	381,6	1373,1	3596400	1636200	2312		
28	299	9	14	18	110,8	18.800	6.240	13,0	7,31	1.270	417	1382,2	631,27	170	612581	1,258E+12	18228,153	5,417E-05	381,6	1298,9	3317162	1515059	2159		
29	302	12	12	18	107,7	16.900	5.520	12,5	7,16	1.150	365	1262,4	556,94	170	503424	1,097E+12	17991,685	6,484E-05	363,8	1244,0	3029789	1336666	1955		
30	201	9	14	18	83,36	13.300	1.900	12,6	4,71	893	189	982,9	288,27	170	433306	3,831E+11	18911,223	5,353E-05	239,3	844,2	2358958	691859	1518		
31	200	8	12	18	72,38	11.300	1.600	12,5	4,71	771	160	837,0	244,32	170	276480	3,181E+11	16303,530	9,660E-05	239,3	775,5	2008800	586368	1310		

Prepared by



# ge Shape

E	=	200000	MPa
G	=	80000	MPa
$f_y$	=	240	MPa
$f_t$	=	70	MPa
	=	115	MPa

(Untuk Profil buatan pabrik)  
(Untuk Profil buatan dilas)

h of ion ) n	Flange Width (B) mm	Thickness (t <sub>w</sub> ) mm		Corner Radius (r) mm	Sectional Area cm <sup>2</sup>	Moment of Inertia		Radius of Gyration		Elastic Modulus of		Plastic Modulus of Section		$f_t$ MPa	Torsional Constant mm <sup>4</sup>	Warping Constant mm <sup>6</sup>	Lateral Torsional Bending Moment		Length of Beam		Moments		
						$I_x$ cm <sup>4</sup>	$I_y$ cm <sup>4</sup>	$i_x$ cm	$i_y$ cm	$S_x$ cm <sup>3</sup>	$S_y$ cm <sup>3</sup>	$Z_x$ cm <sup>3</sup>	$Z_y$ cm <sup>3</sup>						$L_p$ cm	$L_r$ cm	Plastic		Ulti
																					$M_{px}$ kgcm	$M_{py}$ kgcm	$M_u$ kgcm
0	150	6,5	9	13	46,78	7.210	508	12,4	3,29	481	67,7	528,2	104,23	170	98715	1,075E+11	12553,676	3,141E-04	167,2	496,4	1267564	250149	8177
8	149	5,5	8	13	40,80	6.320	442	12,4	3,29	424	59,3	459,8	90,94	170	66498	9,293E+10	10915,990	3,342E-04	167,2	475,0	1103504	218248	7208
0	255	14	14	16	104,7	11.500	3.880	10,5	6,09	919	304	1040,0	466,05	170	669536	5,403E+11	25599,982	1,640E-05	309,4	1364,6	2496010	1118527	1562
0	250	9	14	16	92,18	10.800	3.650	10,8	6,29	867	292	961,4	442,00	170	511279	5,082E+11	22249,653	2,502E-05	319,6	1251,9	2307334	1060789	1473
8	249	8	13	16	84,70	9.930	3.350	10,8	6,29	801	269	880,3	406,56	170	402590	4,625E+11	20484,980	3,416E-05	319,6	1176,6	2112728	975740	1361
4	252	11	11	16	82,06	8.790	2.940	10,3	5,98	720	233	796,7	355,99	170	322102	3,990E+11	20064,338	4,238E-05	303,8	1114,1	1911967	854370	1224
4	175	7	11	16	56,24	6.120	984	10,4	4,18	502	113	545,4	171,16	170	180665	1,336E+11	17842,316	6,549E-05	212,4	721,0	1308863	410777	853
0	125	6	9	12	37,66	4.050	294	10,4	2,79	324	47,0	356,9	72,40	170	77454	4,269E+10	14811,940	1,588E-04	141,8	445,9	856616	173761	5508
8	124	5	8	12	32,68	3.540	255	10,4	2,79	285	41,1	309,3	62,95	170	51992	3,672E+10	12851,662	2,704E-04	141,8	420,2	742387	151090	4845
8	202	10	16	13	83,69	6.530	2.200	8,83	5,13	628	218	723,8	330,83	170	610261	2,028E+11	31976,427	6,100E-06	260,6	1393,2	1737216	793997	1067
0	204	12	12	13	71,53	4.980	1.700	8,35	4,88	498	167	567,8	256,03	170	336384	1,502E+11	27677,528	1,210E-05	247,9	1168,2	1362816	614477	846
0	200	8	12	13	63,53	4.720	1.600	8,62	5,02	472	160	527,6	242,82	170	260437	1,414E+11	24215,526	1,814E-05	255,1	1068,9	1266125	582758	802
4	150	6	9	13	39,01	2.690	507	8,30	3,61	277	67,6	302,3	102,83	170	85572	4,338E+10	18533,990	5,604E-05	183,4	636,9	725494	246802	470
0	100	5,5	8	11	27,16	1.840	134	8,24	2,22	184	26,8	203,4	41,39	170	44338	1,235E+10	16758,238	9,920E-05	112,8	376,9	488045	99340	312
8	99	4,5	7	11	23,18	1.580	114	8,26	2,21	160	23,0	172,9	35,24	170	28227	1,040E+10	14205,743	1,831E-04	112,3	345,9	414904	84564	272
5	175	7,5	11	12	51,21	2.880	984	7,50	4,38	330	112	370,2	170,59	170	176799	6,616E+10	25621,123	1,464E-05	222,5	977,5	888431	409414	561
9	125	5,5	8	12	29,65	1.530	261	7,18	2,97	181	41,8	197,2	63,66	170	51152	1,691E+10	19118,731	5,071E-05	150,9	535,5	473250	152777	307
5	90	5	8	9	23,04	1.210	97,5	7,26	2,06	139	21,7	154,7	33,39	170	37345	6,798E+09	18751,566	6,037E-05	104,7	370,4	371331	80145	236
0	150	7	10	11	40,14	1.640	563	6,39	3,75	219	75,1	247,1	114,09	170	114863	2,759E+10	27550,542	1,113E-05	190,5	891,0	592980	273822	372
8	100	6	9	11	26,84	1.020	151	6,17	2,37	138	30,1	154,5	46,17	170	57960	7,294E+09	25396,345	1,711E-05	120,4	527,8	370800	110808	234
0	75	5	7	8	17,85	666	49,5	6,11	1,66	88,8	13,2	100,0	20,54	170	22817	2,531E+09	20194,221	4,840E-05	84,3	314,8	240078	49290	150
25	125	6,5	9	10	30,31	847	293	5,29	3,11	136	47,0	154,2	71,44	170	70545	9,857E+09	30212,170	7,814E-06	158,0	802,3	370001	171462	231
25	60	6	8	9	16,84	413	29,2	4,95	1,32	66,1	9,73	75,9	15,38	170	28328	9,993E+08	29361,106	1,165E-05	67,1	334,8	182164	36914	112
00	100	6	8	10	21,90	383	134	4,18	2,47	76,5	26,7	87,4	40,76	170	40181	2,835E+09	34456,222	4,794E-06	125,5	719,8	209722	97814	130
00	50	5	7	8	11,85	187	14,8	3,98	1,12	37,5	5,91	43,0	9,29	170	15017	3,200E+08	31608,912	8,428E-06	56,9	302,9	103248	22290	63

Prepared by



# CROSS SHAPE

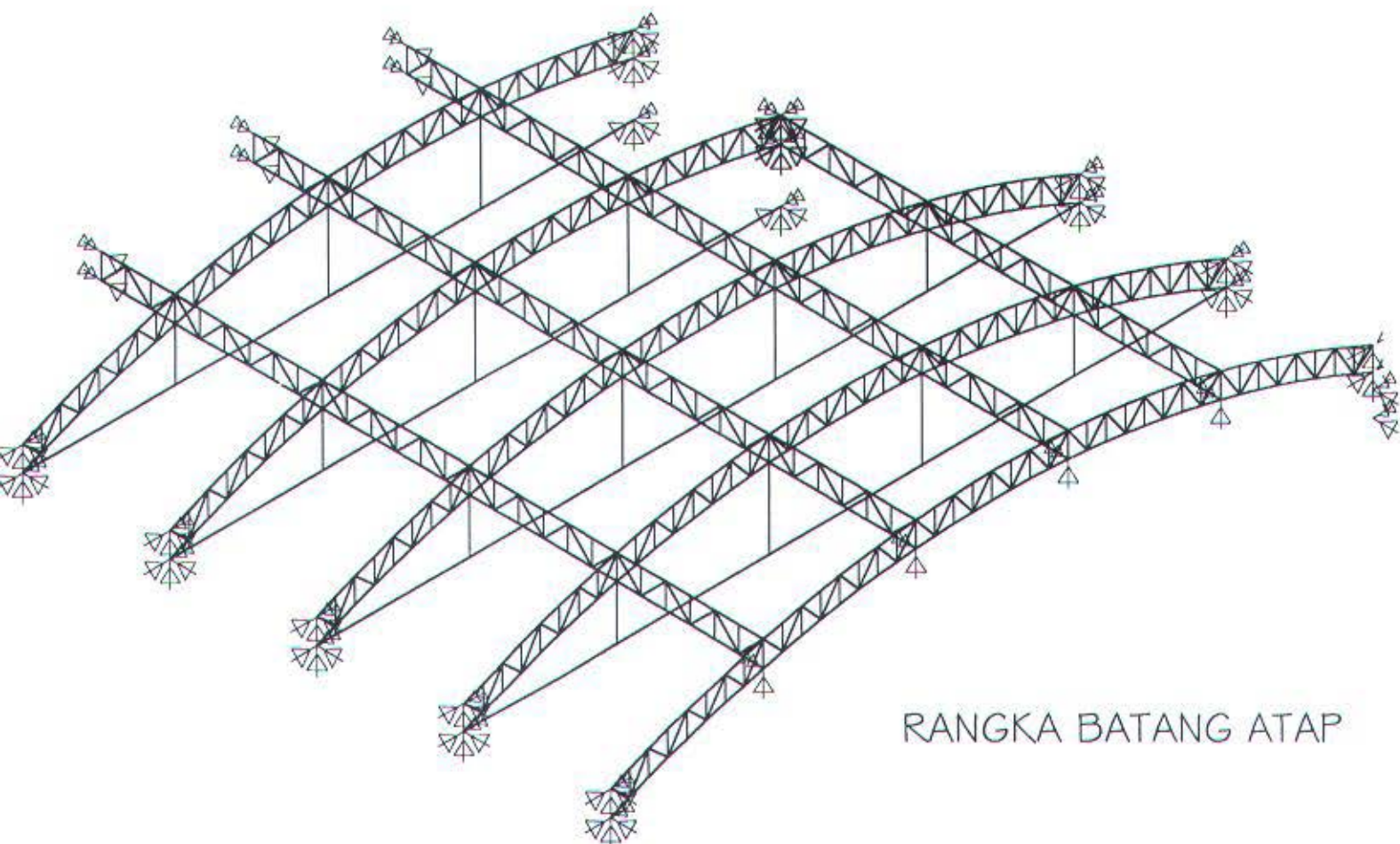
E	=	200000	MPa
C	=	80000	MPa
$f_y$	=	240	MPa
$f_t$	=	70	MPa (Untuk Profil buatan pabrik)
	=	115	MPa (Untuk Profil buatan dilas)

Depth of Section (A)	Flange Width (B)	Thickness		Corner Radius (r)	Sectional Area	Moment of Inertia		Radius of Gyration		Elastic Modulus of Section		Height of Section			Width-Thickness Ratio		Plastic Modulus of Section		For Composite	
		Web ( $t_w$ )	Flange ( $t_f$ )			$I_x$	$I_y$	$r_x$	$r_y$	$S_x$	$S_y$	$h_n$	$h$	$h_f$	$h/t_w$	$b/2t_f$	$Z_x$	$Z_y$	$A_{cm}$	$D_{cm}$
mm	mm	mm	mm	mm	cm <sup>2</sup>	cm <sup>4</sup>	cm <sup>4</sup>	cm	cm	cm <sup>3</sup>	cm <sup>3</sup>	mm	mm	mm			cm <sup>3</sup>	cm <sup>3</sup>	cm <sup>2</sup>	mm
800	300	14	26	28	534,8	303.700	315.027	23,83	24,27	7.592,5	7.740,2	692	748	774	49,429	5,769	9303,52	9486,02	13370	1156,1
700	300	13	24	28	471,0	211.800	220.791	21,21	21,65	6.051,4	6.193,3	596	652	676	45,846	6,250	7442,74	7591,43	11775	1085,5
588	300	12	20	28	385,0	127.020	132.585	18,16	18,16	4.320,4	4.419,5	492	548	568	41,000	7,500	5288,64	5400,10	9625	981,1
600	200	11	17	22	268,8	79.880	83.229	17,24	17,24	2.662,7	2.724,4	522	566	583	47,455	5,882	3249,20	3320,84	6720	819,8
500	200	10	16	20	228,40	49.940	52.189	14,79	15,17	1.997,6	2.046,6	428	468	484	42,800	6,250	2453,66	2509,06	5710	755,6
450	200	9	14	18	193,52	35.370	36.851	13,52	13,32	1.572,0	1.605,7	386	422	436	42,889	7,143	1929,63	1971,93	4838	695,6
400	200	8	13	16	168,24	25.440	26.519	12,30	12,55	1.272,0	1.299,9	342	374	387	42,750	7,692	1568,84	1601,60	4206	648,5
396	199	7	11	16	144,32	21.450	22.267	12,19	12,19	1.083,3	1.105,1	342	374	385	48,857	9,045	1321,97	1346,46	3608	600,7
350	175	7	11	14	126,28	14.554	15.128	10,75	10,95	831,7	847,5	300	328	339	42,857	7,955	1023,89	1045,40	3157	561,9
346	174	6	9	14	105,36	11.892	12.321	10,62	10,62	687,4	700,0	300	328	337	50,000	9,667	835,36	850,66	2634	513,2
300	150	6,5	9	13	93,56	7.718	8.073	9,08	9,29	514,5	526,9	256	282	291	39,385	8,333	632,38	647,11	2339	483,6
298	149	5,5	8	13	81,60	6.762	7.024	9,10	9,28	453,8	462,9	256	282	290	46,545	9,313	550,73	561,55	2040	451,7
250	125	6	9	12	75,32	4.344	4.567	7,59	7,79	347,5	356,9	208	232	241	34,667	6,944	429,32	440,25	1883	433,9
248	124	5	8	12	65,36	3.765	3.924	7,59	7,75	303,6	310,2	208	232	240	41,600	7,750	372,28	380,14	1634	404,2
200	100	5,5	8	11	54,32	1.974	2.095	6,03	6,21	197,4	203,9	162	184	192	29,455	6,250	244,74	251,93	1358	368,5
198	99	4,5	7	12	46,36	1.694	1.778	6,04	6,23	171,1	175,6	160	184	191	35,556	7,071	208,11	213,09	1159	340,4
150	75	5	7	8	35,70	716	767	4,48	4,64	95,4	99,1	120	136	143	24,000	5,357	120,57	124,90	893	298,7

Untuk kolom berbentuk bujur sangkar dengan  $d = b$

hitungkan tebal selimut ( $t = 40 \text{ mm}$ ) dan tulangan sengkang  $\phi 10$

Prepared by



RANGKA BATANG ATAP



# ANALISA RANGKA BAJA 3D PASARAYA BLOK-M (Kg-m)

Prepared by IMaKela  
3198.109.524

## SYSTEM

L=3

## JOINTS

1	X=0.000	Y=0.000	Z=0.000	
401	X=0.000	Y=28.80	Z=0.000	G=1,401,100
2	X=0.9375	Y=0.000	Z=0.407	
402	X=0.9375	Y=28.80	Z=0.407	G=2,402,100
3	X=1.875	Y=0.000	Z=0.789	
403	X=1.875	Y=28.80	Z=0.789	G=3,403,100
4	X=2.8125	Y=0.000	Z=1.147	
404	X=2.8125	Y=28.80	Z=1.147	G=4,404,100
5	X=3.750	Y=0.000	Z=1.482	
405	X=3.750	Y=28.80	Z=1.482	G=5,405,100
6	X=4.6875	Y=0.000	Z=1.795	
406	X=4.6875	Y=28.80	Z=1.795	G=6,406,100
7	X=5.625	Y=0.000	Z=2.085	
407	X=5.625	Y=28.80	Z=2.085	G=7,407,100
8	X=6.5625	Y=0.000	Z=2.354	
408	X=6.5625	Y=28.80	Z=2.354	G=8,408,100
9	X=7.500	Y=0.000	Z=2.601	
409	X=7.500	Y=28.80	Z=2.601	G=9,409,100
10	X=8.4375	Y=0.000	Z=2.828	
410	X=8.4375	Y=28.80	Z=2.828	G=10,410,100
11	X=9.375	Y=0.000	Z=3.033	
411	X=9.375	Y=28.80	Z=3.033	G=11,411,100
12	X=10.3125	Y=0.000	Z=3.219	
412	X=10.3125	Y=28.80	Z=3.219	G=12,412,100
13	X=11.250	Y=0.000	Z=3.384	
413	X=11.250	Y=28.80	Z=3.384	G=13,413,100
14	X=12.1875	Y=0.000	Z=3.529	
414	X=12.1875	Y=28.80	Z=3.529	G=14,414,100
15	X=13.125	Y=0.000	Z=3.654	
415	X=13.125	Y=28.80	Z=3.654	G=15,415,100
16	X=14.0625	Y=0.000	Z=3.760	
416	X=14.0625	Y=28.80	Z=3.760	G=16,416,100
17	X=15.000	Y=0.000	Z=3.847	
417	X=15.000	Y=28.80	Z=3.847	G=17,417,100
18	X=15.9375	Y=0.000	Z=3.914	
418	X=15.9375	Y=28.80	Z=3.914	G=18,418,100
19	X=16.875	Y=0.000	Z=3.962	
419	X=16.875	Y=28.80	Z=3.962	G=19,419,100
20	X=17.8125	Y=0.000	Z=3.990	
420	X=17.8125	Y=28.80	Z=3.990	G=20,420,100
21	X=18.750	Y=0.000	Z=4.000	
421	X=18.750	Y=28.80	Z=4.000	G=21,421,100
22	X=19.6875	Y=0.000	Z=3.990	
422	X=19.6875	Y=28.80	Z=3.990	G=22,422,100
23	X=20.625	Y=0.000	Z=3.962	
423	X=20.625	Y=28.80	Z=3.962	G=23,423,100
24	X=21.5625	Y=0.000	Z=3.914	
424	X=21.5625	Y=28.80	Z=3.914	G=24,424,100
25	X=22.500	Y=0.000	Z=3.847	
425	X=22.500	Y=28.80	Z=3.847	G=25,425,100
26	X=23.4375	Y=0.000	Z=3.760	
426	X=23.4375	Y=28.80	Z=3.760	G=26,426,100
27	X=24.375	Y=0.000	Z=3.654	
427	X=24.375	Y=28.80	Z=3.654	G=27,427,100

28	X=25.3125	Y=0.000	Z=3.529	
428	X=25.3125	Y=28.80	Z=3.529	G=28,428,100
29	X=26.250	Y=0.000	Z=3.384	
429	X=26.250	Y=28.80	Z=3.384	G=29,429,100
30	X=27.1875	Y=0.000	Z=3.219	
430	X=27.1875	Y=28.80	Z=3.219	G=30,430,100
31	X=28.125	Y=0.000	Z=3.033	
431	X=28.125	Y=28.80	Z=3.033	G=31,431,100
32	X=29.0625	Y=0.000	Z=2.828	
432	X=29.0625	Y=28.80	Z=2.828	G=32,432,100
33	X=30.000	Y=0.000	Z=2.601	
433	X=30.000	Y=28.80	Z=2.601	G=33,433,100
34	X=30.9375	Y=0.000	Z=2.354	
234	X=30.9375	Y=14.40	Z=2.354	G=34,234,100
35	X=31.875	Y=0.000	Z=2.085	
235	X=31.875	Y=14.40	Z=2.085	G=35,235,100
36	X=32.8125	Y=0.000	Z=1.795	
236	X=32.8125	Y=14.40	Z=1.795	G=36,236,100
37	X=33.750	Y=0.000	Z=1.482	
237	X=33.750	Y=14.40	Z=1.482	G=37,237,100
38	X=34.6875	Y=0.000	Z=1.147	
238	X=34.6875	Y=14.40	Z=1.147	G=38,238,100
39	X=35.625	Y=0.000	Z=0.789	
239	X=35.625	Y=14.40	Z=0.789	G=39,239,100
40	X=36.5625	Y=0.000	Z=0.407	
240	X=36.5625	Y=14.40	Z=0.407	G=40,240,100
41	X=37.500	Y=0.000	Z=0.000	
241	X=37.500	Y=14.40	Z=0.000	G=41,241,100
42	X=0.000	Y=0.000	Z=1.200	
442	X=0.000	Y=28.80	Z=1.200	G=42,442,100
43	X=0.9375	Y=0.000	Z=1.607	
443	X=0.9375	Y=28.80	Z=1.607	G=43,443,100
44	X=1.875	Y=0.000	Z=1.989	
444	X=1.875	Y=28.80	Z=1.989	G=44,444,100
45	X=2.8125	Y=0.000	Z=2.347	
445	X=2.8125	Y=28.80	Z=2.347	G=45,445,100
46	X=3.750	Y=0.000	Z=2.682	
446	X=3.750	Y=28.80	Z=2.682	G=46,446,100
47	X=4.6875	Y=0.000	Z=2.995	
447	X=4.6875	Y=28.80	Z=2.995	G=47,447,100
48	X=5.625	Y=0.000	Z=3.285	
448	X=5.625	Y=28.80	Z=3.285	G=48,448,100
49	X=6.5625	Y=0.000	Z=3.554	
449	X=6.5625	Y=28.80	Z=3.554	G=49,449,100
50	X=7.500	Y=0.000	Z=3.801	
450	X=7.500	Y=28.80	Z=3.801	G=50,450,100
51	X=8.4375	Y=0.000	Z=4.028	
451	X=8.4375	Y=28.80	Z=4.028	G=51,451,100
52	X=9.375	Y=0.000	Z=4.233	
452	X=9.375	Y=28.80	Z=4.233	G=52,452,100
53	X=10.3125	Y=0.000	Z=4.419	
453	X=10.3125	Y=28.80	Z=4.419	G=53,453,100
54	X=11.250	Y=0.000	Z=4.584	
454	X=11.250	Y=28.80	Z=4.584	G=54,454,100
55	X=12.1875	Y=0.000	Z=4.729	
455	X=12.1875	Y=28.80	Z=4.729	G=55,455,100
56	X=13.125	Y=0.000	Z=4.854	
456	X=13.125	Y=28.80	Z=4.854	G=56,456,100
57	X=14.0625	Y=0.000	Z=4.960	
457	X=14.0625	Y=28.80	Z=4.960	G=57,457,100
58	X=15.000	Y=0.000	Z=5.047	
458	X=15.000	Y=28.80	Z=5.047	G=58,458,100
59	X=15.9375	Y=0.000	Z=5.114	
459	X=15.9375	Y=28.80	Z=5.114	G=59,459,100



60	X=16.875	Y=0.000	Z=5.162	
460	X=16.875	Y=28.80	Z=5.162	G=60,460,100
61	X=17.8125	Y=0.000	Z=5.190	
461	X=17.8125	Y=28.80	Z=5.190	G=61,461,100
62	X=18.750	Y=0.000	Z=5.200	
462	X=18.750	Y=28.80	Z=5.200	G=62,462,100
63	X=19.6875	Y=0.000	Z=5.190	
463	X=19.6875	Y=28.80	Z=5.190	G=63,463,100
64	X=20.625	Y=0.000	Z=5.162	
464	X=20.625	Y=28.80	Z=5.162	G=64,464,100
65	X=21.5625	Y=0.000	Z=5.114	
465	X=21.5625	Y=28.80	Z=5.114	G=65,465,100
66	X=22.500	Y=0.000	Z=5.047	
466	X=22.500	Y=28.80	Z=5.047	G=66,466,100
67	X=23.4375	Y=0.000	Z=4.960	
467	X=23.4375	Y=28.80	Z=4.960	G=67,467,100
68	X=24.375	Y=0.000	Z=4.854	
468	X=24.375	Y=28.80	Z=4.854	G=68,468,100
69	X=25.3125	Y=0.000	Z=4.729	
469	X=25.3125	Y=28.80	Z=4.729	G=69,469,100
70	X=26.250	Y=0.000	Z=4.584	
470	X=26.250	Y=28.80	Z=4.584	G=70,470,100
71	X=27.1875	Y=0.000	Z=4.419	
471	X=27.1875	Y=28.80	Z=4.419	G=71,471,100
72	X=28.125	Y=0.000	Z=4.233	
472	X=28.125	Y=28.80	Z=4.233	G=72,472,100
73	X=29.0625	Y=0.000	Z=4.028	
473	X=29.0625	Y=28.80	Z=4.028	G=73,473,100
74	X=30.000	Y=0.000	Z=3.801	
474	X=30.000	Y=28.80	Z=3.801	G=74,474,100
75	X=30.9375	Y=0.000	Z=3.554	
275	X=30.9375	Y=14.40	Z=3.554	G=75,275,100
76	X=31.875	Y=0.000	Z=3.285	
276	X=31.875	Y=14.40	Z=3.285	G=76,276,100
77	X=32.8125	Y=0.000	Z=2.995	
277	X=32.8125	Y=14.40	Z=2.995	G=77,277,100
78	X=33.750	Y=0.000	Z=2.682	
278	X=33.750	Y=14.40	Z=2.682	G=78,278,100
79	X=34.6875	Y=0.000	Z=2.347	
279	X=34.6875	Y=14.40	Z=2.347	G=79,279,100
80	X=35.625	Y=0.000	Z=1.989	
280	X=35.625	Y=14.40	Z=1.989	G=80,280,100
81	X=36.5625	Y=0.000	Z=1.607	
281	X=36.5625	Y=14.40	Z=1.607	G=81,281,100
82	X=37.500	Y=0.000	Z=1.200	
282	X=37.500	Y=14.40	Z=1.200	G=82,282,100
83	X=7.500	Y=0.000	Z=0.000	
483	X=7.500	Y=28.80	Z=0.000	G=83,483,100
84	X=15.000	Y=0.000	Z=0.000	
484	X=15.000	Y=28.80	Z=0.000	G=84,484,100
85	X=22.500	Y=0.000	Z=0.000	
485	X=22.500	Y=28.80	Z=0.000	G=85,485,100
86	X=30.000	Y=0.000	Z=0.000	
486	X=30.000	Y=28.80	Z=0.000	G=86,486,100
1001	X=7.500	Y=1.200	Z=2.601	
1005	X=7.500	Y=6.000	Z=2.601	
1006	X=7.500	Y=1.200	Z=3.801	
1010	X=7.500	Y=6.000	Z=3.801	Q=1001,1005,1006,1010,1,5
1011	X=7.500	Y=8.400	Z=2.601	
1015	X=7.500	Y=13.20	Z=2.601	
1016	X=7.500	Y=8.400	Z=3.801	
1020	X=7.500	Y=13.20	Z=3.801	Q=1011,1015,1016,1020,1,5



1021	X=7.500	Y=15.60	Z=2.601	
1025	X=7.500	Y=20.40	Z=2.601	
1026	X=7.500	Y=15.60	Z=3.801	
1030	X=7.500	Y=20.40	Z=3.801	Q=1021,1025,1026,1030,1,5
1031	X=7.500	Y=22.80	Z=2.601	
1035	X=7.500	Y=27.60	Z=2.601	
1036	X=7.500	Y=22.80	Z=3.801	
1040	X=7.500	Y=27.60	Z=3.801	Q=1031,1035,1036,1040,1,5
1041	X=7.500	Y=30.00	Z=2.601	
1043	X=7.500	Y=32.40	Z=2.601	
1047	X=7.500	Y=30.00	Z=3.801	
1049	X=7.500	Y=32.40	Z=3.801	Q=1041,1043,1047,1049,1,6
1101	X=15.00	Y=1.200	Z=3.847	
1105	X=15.00	Y=6.000	Z=3.847	
1106	X=15.00	Y=1.200	Z=5.047	
1110	X=15.00	Y=6.000	Z=5.047	Q=1101,1105,1106,1110,1,5
1111	X=15.00	Y=8.400	Z=3.847	
1115	X=15.00	Y=13.20	Z=3.847	
1116	X=15.00	Y=8.400	Z=5.047	
1120	X=15.00	Y=13.20	Z=5.047	Q=1111,1115,1116,1120,1,5
1121	X=15.00	Y=15.60	Z=3.847	
1125	X=15.00	Y=20.40	Z=3.847	
1126	X=15.00	Y=15.60	Z=5.047	
1130	X=15.00	Y=20.40	Z=5.047	Q=1121,1125,1126,1130,1,5
1131	X=15.00	Y=22.80	Z=3.847	
1135	X=15.00	Y=27.60	Z=3.847	
1136	X=15.00	Y=22.80	Z=5.047	
1140	X=15.00	Y=27.60	Z=5.047	Q=1131,1135,1136,1140,1,5
1141	X=15.00	Y=30.00	Z=3.847	
1143	X=15.00	Y=32.40	Z=3.847	
1147	X=15.00	Y=30.00	Z=5.047	
1149	X=15.00	Y=32.40	Z=5.047	Q=1141,1143,1147,1149,1,6
1201	X=22.50	Y=1.200	Z=3.847	
1205	X=22.50	Y=6.000	Z=3.847	
1206	X=22.50	Y=1.200	Z=5.047	
1210	X=22.50	Y=6.000	Z=5.047	Q=1201,1205,1206,1210,1,5
1211	X=22.50	Y=8.400	Z=3.847	
1215	X=22.50	Y=13.20	Z=3.847	
1216	X=22.50	Y=8.400	Z=5.047	
1220	X=22.50	Y=13.20	Z=5.047	Q=1211,1215,1216,1220,1,5
1221	X=22.50	Y=15.60	Z=3.847	
1225	X=22.50	Y=20.40	Z=3.847	
1226	X=22.50	Y=15.60	Z=5.047	
1230	X=22.50	Y=20.40	Z=5.047	Q=1221,1225,1226,1230,1,5
1231	X=22.50	Y=22.80	Z=3.847	
1235	X=22.50	Y=27.60	Z=3.847	
1236	X=22.50	Y=22.80	Z=5.047	
1240	X=22.50	Y=27.60	Z=5.047	Q=1231,1235,1236,1240,1,5
1241	X=22.50	Y=30.00	Z=3.847	
1243	X=22.50	Y=32.40	Z=3.847	
1247	X=22.50	Y=30.00	Z=5.047	
1249	X=22.50	Y=32.40	Z=5.047	Q=1241,1243,1247,1249,1,6
1301	X=30.00	Y=1.200	Z=2.601	
1305	X=30.00	Y=6.000	Z=2.601	
1306	X=30.00	Y=1.200	Z=3.801	
1310	X=30.00	Y=6.000	Z=3.801	Q=1301,1305,1306,1310,1,5
1311	X=30.00	Y=8.400	Z=2.601	
1315	X=30.00	Y=13.20	Z=2.601	
1316	X=30.00	Y=8.400	Z=3.801	
1320	X=30.00	Y=13.20	Z=3.801	Q=1311,1315,1316,1320,1,5
1321	X=30.00	Y=15.60	Z=2.601	
1325	X=30.00	Y=20.40	Z=2.601	
1326	X=30.00	Y=15.60	Z=3.801	
1330	X=30.00	Y=20.40	Z=3.801	Q=1321,1325,1326,1330,1,5

```

1533 X=30.00 Y=21.55 Z=2.601
1574 X=30.00 Y=21.55 Z=3.801

```

# RESTRRAINTS

```

1,41,40 R=1,1,1,1,0,0 : SENDI 3D
9,33,8 R=0,0,1,0,1,0 : ROLL 3D
42,82,40 R=1,1,1,1,0,0 : SENDI 3D
101,141,40 R=1,1,1,1,0,0 : SENDI 3D
142,182,40 R=1,1,1,1,0,0 : SENDI 3D
201,241,40 R=1,1,1,1,0,0 : SENDI 3D
242,282,40 R=1,1,1,1,0,0 : SENDI 3D
301,333,32 R=1,1,1,1,0,0 : SENDI 3D
342,374,32 R=1,1,1,1,0,0 : SENDI 3D
401,433,32 R=1,1,1,1,0,0 : SENDI 3D
442,474,32 R=1,1,1,1,0,0 : SENDI 3D
386,486,100 R=1,1,1,1,0,0 : SENDI 3D
1043,1243,100 R=0,1,0,0,1,0 : ROLL 3D
1049,1249,100 R=0,1,0,0,1,0 : ROLL 3D
1533,1574,41 R=1,1,1,0,1,0 : SENDI 3D

```

# FRAME

```

NM=1 NL=6 Z=-1
1 SH=T T=0.0625,0.125,0.009,0.0065 E=2E10 W=11.9
1 WG=0,0,-25.9 : BEBAN MATI MERATA
2 WG=0,0,-18.8 : BEBAN HIDUP MERATA
3 WG=-3.92,0,22.22 : BEBAN ANGIN MERATA
4 WG=0,0,3.76 : BEBAN ANGIN MERATA
5 WG=0,0,18.8 : BEBAN ANGIN MERATA
6 WG=1.31,0,7.41 : BEBAN ANGIN MERATA
1,2,1 M=1 LP=2,0 G=39,1,1,1 LR=1,1,0,1,1,1
41,43,42 M=1 LP=2,0 G=39,1,1,1 LR=1,1,0,1,1,1
82,2,43 M=1 LP=2,0 G=38,1,1,1 LR=1,1,0,1,1,1
123,2,42 M=1 LP=2,0 G=19,2,2,2 LR=1,1,0,1,1,1
124,2,44 M=1 LP=2,0 G=19,2,2,2 LR=1,1,0,1,1,1
201,102,101 M=1 LP=2,0 G=39,1,1,1 LR=1,1,0,1,1,1
241,143,142 M=1 LP=2,0 G=39,1,1,1 LR=1,1,0,1,1,1
282,102,143 M=1 LP=2,0 G=38,1,1,1 LR=1,1,0,1,1,1
323,102,142 M=1 LP=2,0 G=19,2,2,2 LR=1,1,0,1,1,1
324,102,144 M=1 LP=2,0 G=19,2,2,2 LR=1,1,0,1,1,1
363,183,101 M=1 LP=2,0 LR=1,1,0,1,1,1
364,184,183 M=1 LP=2,0 G=2,1,1,1 LR=1,1,0,1,1,1
367,141,186 M=1 LP=2,0 LR=1,1,0,1,1,1
368,183,109 M=1 LP=2,0 G=3,1,1,8 LR=1,1,0,1,1,1
401,202,201 M=1 LP=2,0 G=39,1,1,1 LR=1,1,0,1,1,1
441,243,242 M=1 LP=2,0 G=39,1,1,1 LR=1,1,0,1,1,1
482,202,243 M=1 LP=2,0 G=38,1,1,1 LR=1,1,0,1,1,1
523,202,242 M=1 LP=2,0 G=19,2,2,2 LR=1,1,0,1,1,1
524,202,244 M=1 LP=2,0 G=19,2,2,2 LR=1,1,0,1,1,1
563,283,201 M=1 LP=2,0 LR=1,1,0,1,1,1
564,284,283 M=1 LP=2,0 G=2,1,1,1 LR=1,1,0,1,1,1
567,241,286 M=1 LP=2,0 LR=1,1,0,1,1,1
568,283,209 M=1 LP=2,0 G=3,1,1,8 LR=1,1,0,1,1,1
601,302,301 M=1 LP=2,0 G=31,1,1,1 LR=1,1,0,1,1,1
641,343,342 M=1 LP=2,0 G=31,1,1,1 LR=1,1,0,1,1,1
682,302,343 M=1 LP=2,0 G=30,1,1,1 LR=1,1,0,1,1,1
723,302,342 M=1 LP=2,0 G=15,2,2,2 LR=1,1,0,1,1,1
724,302,344 M=1 LP=2,0 G=15,2,2,2 LR=1,1,0,1,1,1
763,383,301 M=1 LP=2,0 LR=1,1,0,1,1,1
764,384,383 M=1 LP=2,0 G=2,1,1,1 LR=1,1,0,1,1,1
768,383,309 M=1 LP=2,0 G=2,1,1,8 LR=1,1,0,1,1,1
801,402,401 M=1 LP=2,0 G=31,1,1,1 LR=1,1,0,1,1,1
841,443,442 M=1 LP=2,0 G=31,1,1,1 LR=1,1,0,1,1,1
882,402,443 M=1 LP=2,0 G=30,1,1,1 LR=1,1,0,1,1,1
923,402,442 M=1 LP=2,0 G=15,2,2,2 LR=1,1,0,1,1,1

```



924,402,444	M=1	LP=2,0	G=15,2,2,2	LR=1,1,0,1,1,1	
963,483,401	M=1	LP=2,0		LR=1,1,0,1,1,1	
964,484,483	M=1	LP=2,0	G=2,1,1,1	LR=1,1,0,1,1,1	
968,483,409	M=1	LP=2,0	G=2,1,1,8	LR=1,1,0,1,1,1	
1001,9,1001	M=1	LP=3,0	G=1,5,996,-892	LR=1,1,0,1,1,1	
1002,1001,1002	M=1	LP=3,0	G=3,1,1,1	LR=1,1,0,1,1,1	
1008,1006,1007	M=1	LP=3,0	G=3,1,1,1	LR=1,1,0,1,1,1	NSL=1,2,3
1007,1010,150	M=1	LP=3,0	G=1,5,-960,356	LR=1,1,0,1,1,1	NSL=1,2,3
1013,50,1001	M=1	LP=3,0		LR=1,1,0,1,1,1	
1014,1001,1007	M=1	LP=3,0	G=1,2,2,2	LR=1,1,0,1,1,1	
1015,1007,1003	M=1	LP=3,0	G=1,2,2,2	LR=1,1,0,1,1,1	
1018,1005,150	M=1	LP=3,0		LR=1,1,0,1,1,1	
1019,1006,1001	M=1	LP=3,0	G=4,1,1,1	LR=1,1,0,1,1,1	
1051,109,1011	M=1	LP=3,0	G=1,5,906,-802	LR=1,1,0,1,1,1	
1052,1011,1012	M=1	LP=3,0	G=3,1,1,1	LR=1,1,0,1,1,1	
1058,1016,1017	M=1	LP=3,0	G=3,1,1,1	LR=1,1,0,1,1,1	NSL=1,2,3
1057,1020,250	M=1	LP=3,0	G=1,5,-870,766	LR=1,1,0,1,1,1	NSL=1,2,3
1063,150,1011	M=1	LP=3,0		LR=1,1,0,1,1,1	
1064,1011,1017	M=1	LP=3,0	G=1,2,2,2	LR=1,1,0,1,1,1	
1065,1017,1013	M=1	LP=3,0	G=1,2,2,2	LR=1,1,0,1,1,1	
1068,1015,250	M=1	LP=3,0		LR=1,1,0,1,1,1	
1069,1016,1011	M=1	LP=3,0	G=4,1,1,1	LR=1,1,0,1,1,1	
1101,209,1021	M=1	LP=3,0	G=1,5,816,-712	LR=1,1,0,1,1,1	
1102,1021,1022	M=1	LP=3,0	G=3,1,1,1	LR=1,1,0,1,1,1	
1108,1026,1027	M=1	LP=3,0	G=3,1,1,1	LR=1,1,0,1,1,1	NSL=1,2,3
1107,1030,350	M=1	LP=3,0	G=1,5,-780,676	LR=1,1,0,1,1,1	NSL=1,2,3
1113,250,1021	M=1	LP=3,0		LR=1,1,0,1,1,1	
1114,1021,1027	M=1	LP=3,0	G=1,2,2,2	LR=1,1,0,1,1,1	
1115,1027,1023	M=1	LP=3,0	G=1,2,2,2	LR=1,1,0,1,1,1	
1118,1025,350	M=1	LP=3,0		LR=1,1,0,1,1,1	
1119,1026,1021	M=1	LP=3,0	G=4,1,1,1	LR=1,1,0,1,1,1	
1151,309,1031	M=1	LP=3,0	G=1,5,726,-622	LR=1,1,0,1,1,1	
1152,1031,1032	M=1	LP=3,0	G=3,1,1,1	LR=1,1,0,1,1,1	
1158,1036,1037	M=1	LP=3,0	G=3,1,1,1	LR=1,1,0,1,1,1	NSL=1,2,3
1157,1040,450	M=1	LP=3,0	G=1,5,-690,586	LR=1,1,0,1,1,1	NSL=1,2,3
1163,350,1031	M=1	LP=3,0		LR=1,1,0,1,1,1	
1164,1031,1037	M=1	LP=3,0	G=1,2,2,2	LR=1,1,0,1,1,1	
1165,1037,1033	M=1	LP=3,0	G=1,2,2,2	LR=1,1,0,1,1,1	
1168,1035,450	M=1	LP=3,0		LR=1,1,0,1,1,1	
1169,1036,1031	M=1	LP=3,0	G=4,1,1,1	LR=1,1,0,1,1,1	
1201,409,1041	M=1	LP=3,0		LR=1,1,0,1,1,1	
1202,1041,1042	M=1	LP=3,0	G=1,1,1,1	LR=1,1,0,1,1,1	
1207,450,1047	M=1	LP=3,0		LR=1,1,0,1,1,1	NSL=1,2,3
1208,1047,1048	M=1	LP=3,0	G=1,1,1,1	LR=1,1,0,1,1,1	NSL=1,2,3
1213,450,1041	M=1	LP=3,0		LR=1,1,0,1,1,1	
1214,1041,1048	M=1	LP=3,0		LR=1,1,0,1,1,1	
1215,1048,1043	M=1	LP=3,0		LR=1,1,0,1,1,1	
1219,1047,1041	M=1	LP=3,0	G=2,1,1,1	LR=1,1,0,1,1,1	
1301,17,1101	M=1	LP=3,0	G=1,5,1088,-984	LR=1,1,0,1,1,1	
1302,1101,1102	M=1	LP=3,0	G=3,1,1,1	LR=1,1,0,1,1,1	
1308,1106,1107	M=1	LP=3,0	G=3,1,1,1	LR=1,1,0,1,1,1	NSL=1,2,4
1307,1110,158	M=1	LP=3,0	G=1,5,-1052,948	LR=1,1,0,1,1,1	NSL=1,2,4
1313,58,1101	M=1	LP=3,0		LR=1,1,0,1,1,1	
1314,1101,1107	M=1	LP=3,0	G=1,2,2,2	LR=1,1,0,1,1,1	
1315,1107,1103	M=1	LP=3,0	G=1,2,2,2	LR=1,1,0,1,1,1	
1318,1105,158	M=1	LP=3,0		LR=1,1,0,1,1,1	
1319,1106,1101	M=1	LP=3,0	G=4,1,1,1	LR=1,1,0,1,1,1	
1351,117,1111	M=1	LP=3,0	G=1,5,998,-894	LR=1,1,0,1,1,1	
1352,1111,1112	M=1	LP=3,0	G=3,1,1,1	LR=1,1,0,1,1,1	
1358,1116,1117	M=1	LP=3,0	G=3,1,1,1	LR=1,1,0,1,1,1	NSL=1,2,4
1357,1120,258	M=1	LP=3,0	G=1,5,-962,858	LR=1,1,0,1,1,1	NSL=1,2,4
1363,158,1111	M=1	LP=3,0		LR=1,1,0,1,1,1	
1364,1111,1117	M=1	LP=3,0	G=1,2,2,2	LR=1,1,0,1,1,1	
1365,1117,1113	M=1	LP=3,0	G=1,2,2,2	LR=1,1,0,1,1,1	



1368,1115,258	M=1	LP=3,0		LR=1,1,0,1,1,1	
1369,1116,1111	M=1	LP=3,0	G=4,1,1,1	LR=1,1,0,1,1,1	
1401,217,1121	M=1	LP=3,0	G=1,5,908,-804	LR=1,1,0,1,1,1	
1402,1121,1122	M=1	LP=3,0	G=3,1,1,1	LR=1,1,0,1,1,1	
1408,1126,1127	M=1	LP=3,0	G=3,1,1,1	LR=1,1,0,1,1,1	NSL=1,2,4
1407,1130,358	M=1	LP=3,0	G=1,5,-872,769	LR=1,1,0,1,1,1	NSL=1,2,4
1413,258,1121	M=1	LP=3,0		LR=1,1,0,1,1,1	
1414,1121,1127	M=1	LP=3,0	G=1,2,2,2	LR=1,1,0,1,1,1	
1415,1127,1123	M=1	LP=3,0	G=1,2,2,2	LR=1,1,0,1,1,1	
1418,1125,358	M=1	LP=3,0		LR=1,1,0,1,1,1	
1419,1126,1121	M=1	LP=3,0	G=4,1,1,1	LR=1,1,0,1,1,1	
1451,317,1131	M=1	LP=3,0	G=1,5,818,-714	LR=1,1,0,1,1,1	
1452,1131,1132	M=1	LP=3,0	G=3,1,1,1	LR=1,1,0,1,1,1	
1458,1136,1137	M=1	LP=3,0	G=3,1,1,1	LR=1,1,0,1,1,1	NSL=1,2,4
1457,1140,458	M=1	LP=3,0	G=1,5,-782,678	LR=1,1,0,1,1,1	NSL=1,2,4
1463,358,1131	M=1	LP=3,0		LR=1,1,0,1,1,1	
1464,1131,1137	M=1	LP=3,0	G=1,2,2,2	LR=1,1,0,1,1,1	
1465,1137,1133	M=1	LP=3,0	G=1,2,2,2	LR=1,1,0,1,1,1	
1468,1135,458	M=1	LP=3,0		LR=1,1,0,1,1,1	
1469,1136,1131	M=1	LP=3,0	G=4,1,1,1	LR=1,1,0,1,1,1	
1501,417,1141	M=1	LP=3,0		LR=1,1,0,1,1,1	
1502,1141,1142	M=1	LP=3,0	G=1,1,1,1	LR=1,1,0,1,1,1	
1507,458,1147	M=1	LP=3,0		LR=1,1,0,1,1,1	NSL=1,2,4
1508,1147,1148	M=1	LP=3,0	G=1,1,1,1	LR=1,1,0,1,1,1	NSL=1,2,4
1513,458,1141	M=1	LP=3,0		LR=1,1,0,1,1,1	
1514,1141,1148	M=1	LP=3,0		LR=1,1,0,1,1,1	
1515,1148,1143	M=1	LP=3,0		LR=1,1,0,1,1,1	
1519,1147,1141	M=1	LP=3,0	G=2,1,1,1	LR=1,1,0,1,1,1	
1601,25,1201	M=1	LP=3,0	G=1,5,1180,-1076	LR=1,1,0,1,1,1	
1602,1201,1202	M=1	LP=3,0	G=3,1,1,1	LR=1,1,0,1,1,1	
1608,1206,1207	M=1	LP=3,0	G=3,1,1,1	LR=1,1,0,1,1,1	NSL=1,2,5
1607,1210,166	M=1	LP=3,0	G=1,5,-1144,1040	LR=1,1,0,1,1,1	NSL=1,2,5
1613,66,1201	M=1	LP=3,0		LR=1,1,0,1,1,1	
1614,1201,1207	M=1	LP=3,0	G=1,2,2,2	LR=1,1,0,1,1,1	
1615,1207,1203	M=1	LP=3,0	G=1,2,2,2	LR=1,1,0,1,1,1	
1618,1205,166	M=1	LP=3,0		LR=1,1,0,1,1,1	
1619,1206,1201	M=1	LP=3,0	G=4,1,1,1	LR=1,1,0,1,1,1	
1651,125,1211	M=1	LP=3,0	G=1,5,1090,-986	LR=1,1,0,1,1,1	
1652,1211,1212	M=1	LP=3,0	G=3,1,1,1	LR=1,1,0,1,1,1	
1658,1216,1217	M=1	LP=3,0	G=3,1,1,1	LR=1,1,0,1,1,1	NSL=1,2,5
1657,1220,266	M=1	LP=3,0	G=1,5,-1054,950	LR=1,1,0,1,1,1	NSL=1,2,5
1663,166,1211	M=1	LP=3,0		LR=1,1,0,1,1,1	
1664,1211,1217	M=1	LP=3,0	G=1,2,2,2	LR=1,1,0,1,1,1	
1665,1217,1213	M=1	LP=3,0	G=1,2,2,2	LR=1,1,0,1,1,1	
1668,1215,266	M=1	LP=3,0		LR=1,1,0,1,1,1	
1669,1216,1211	M=1	LP=3,0	G=4,1,1,1	LR=1,1,0,1,1,1	
1701,225,1221	M=1	LP=3,0	G=1,5,1000,-896	LR=1,1,0,1,1,1	
1702,1221,1222	M=1	LP=3,0	G=3,1,1,1	LR=1,1,0,1,1,1	
1708,1226,1227	M=1	LP=3,0	G=3,1,1,1	LR=1,1,0,1,1,1	NSL=1,2,5
1707,1230,366	M=1	LP=3,0	G=1,5,-964,860	LR=1,1,0,1,1,1	NSL=1,2,5
1713,266,1221	M=1	LP=3,0		LR=1,1,0,1,1,1	
1714,1221,1227	M=1	LP=3,0	G=1,2,2,2	LR=1,1,0,1,1,1	
1715,1227,1223	M=1	LP=3,0	G=1,2,2,2	LR=1,1,0,1,1,1	
1718,1225,366	M=1	LP=3,0		LR=1,1,0,1,1,1	
1719,1226,1221	M=1	LP=3,0	G=4,1,1,1	LR=1,1,0,1,1,1	
1751,325,1231	M=1	LP=3,0	G=1,5,910,-806	LR=1,1,0,1,1,1	
1752,1231,1232	M=1	LP=3,0	G=3,1,1,1	LR=1,1,0,1,1,1	
1758,1236,1237	M=1	LP=3,0	G=3,1,1,1	LR=1,1,0,1,1,1	NSL=1,2,5
1757,1240,466	M=1	LP=3,0	G=1,5,-874,770	LR=1,1,0,1,1,1	NSL=1,2,5
1763,366,1231	M=1	LP=3,0		LR=1,1,0,1,1,1	
1764,1231,1237	M=1	LP=3,0	G=1,2,2,2	LR=1,1,0,1,1,1	
1765,1237,1233	M=1	LP=3,0	G=1,2,2,2	LR=1,1,0,1,1,1	
1768,1235,466	M=1	LP=3,0		LR=1,1,0,1,1,1	
1769,1236,1231	M=1	LP=3,0	G=4,1,1,1	LR=1,1,0,1,1,1	

1801,425,1241	M=1	LP=3,0		LR=1,1,0,1,1,1	
1802,1241,1242	M=1	LP=3,0	G=1,1,1,1	LR=1,1,0,1,1,1	
1807,466,1247	M=1	LP=3,0		LR=1,1,0,1,1,1	NSL=1,2,5
1808,1247,1248	M=1	LP=3,0	G=1,1,1,1	LR=1,1,0,1,1,1	NSL=1,2,5
1813,466,1241	M=1	LP=3,0		LR=1,1,0,1,1,1	
1814,1241,1248	M=1	LP=3,0		LR=1,1,0,1,1,1	
1815,1248,1243	M=1	LP=3,0		LR=1,1,0,1,1,1	
1819,1247,1241	M=1	LP=3,0	G=2,1,1,1	LR=1,1,0,1,1,1	
1901,33,1301	M=1	LP=3,0	G=1,5,1272,-1168	LR=1,1,0,1,1,1	
1902,1301,1302	M=1	LP=3,0	G=3,1,1,1	LR=1,1,0,1,1,1	
1908,1306,1307	M=1	LP=3,0	G=3,1,1,1	LR=1,1,0,1,1,1	NSL=1,2,6
1907,1310,174	M=1	LP=3,0	G=1,5,-1236,1132	LR=1,1,0,1,1,1	NSL=1,2,6
1913,74,1301	M=1	LP=3,0		LR=1,1,0,1,1,1	
1914,1301,1307	M=1	LP=3,0	G=1,2,2,2	LR=1,1,0,1,1,1	
1915,1307,1303	M=1	LP=3,0	G=1,2,2,2	LR=1,1,0,1,1,1	
1918,1305,174	M=1	LP=3,0		LR=1,1,0,1,1,1	
1919,1306,1301	M=1	LP=3,0	G=4,1,1,1	LR=1,1,0,1,1,1	
1951,133,1311	M=1	LP=3,0	G=1,5,1182,-1078	LR=1,1,0,1,1,1	
1952,1311,1312	M=1	LP=3,0	G=3,1,1,1	LR=1,1,0,1,1,1	
1958,1316,1317	M=1	LP=3,0	G=3,1,1,1	LR=1,1,0,1,1,1	NSL=1,2,6
1957,1320,274	M=1	LP=3,0	G=1,5,-1146,1042	LR=1,1,0,1,1,1	NSL=1,2,6
1963,174,1311	M=1	LP=3,0		LR=1,1,0,1,1,1	
1964,1311,1317	M=1	LP=3,0	G=1,2,2,2	LR=1,1,0,1,1,1	
1965,1317,1313	M=1	LP=3,0	G=1,2,2,2	LR=1,1,0,1,1,1	
1968,1315,274	M=1	LP=3,0		LR=1,1,0,1,1,1	
1969,1316,1311	M=1	LP=3,0	G=4,1,1,1	LR=1,1,0,1,1,1	
2001,233,1321	M=1	LP=3,0		LR=1,1,0,1,1,1	
2002,1321,1322	M=1	LP=3,0	G=3,1,1,1	LR=1,1,0,1,1,1	
2006,1325,1533	M=1	LP=3,0		LR=1,1,0,1,1,1	
2007,1330,1574	M=1	LP=3,0		LR=1,1,0,1,1,1	NSL=1,2,6
2008,1326,1327	M=1	LP=3,0	G=3,1,1,1	LR=1,1,0,1,1,1	NSL=1,2,6
2012,274,1326	M=1	LP=3,0		LR=1,1,0,1,1,1	NSL=1,2,6
2013,274,1321	M=1	LP=3,0		LR=1,1,0,1,1,1	
2014,1321,1327	M=1	LP=3,0	G=1,2,2,2	LR=1,1,0,1,1,1	
2015,1327,1323	M=1	LP=3,0	G=1,2,2,2	LR=1,1,0,1,1,1	
2018,1325,1574	M=1	LP=3,0		LR=1,1,0,1,1,1	
2019,1326,1321	M=1	LP=3,0	G=4,1,1,1	LR=1,1,0,1,1,1	

## LOADS

### C BEBAN MATI TERPUSAT

43,49,1	L=1	F=0,0,-93.24
51,57,1	L=1	F=0,0,-93.24
59,65,1	L=1	F=0,0,-93.24
67,73,1	L=1	F=0,0,-93.24
75,81,1	L=1	F=0,0,-93.24
143,149,1	L=1	F=0,0,-186.48
151,157,1	L=1	F=0,0,-186.48
159,165,1	L=1	F=0,0,-186.48
167,173,1	L=1	F=0,0,-186.48
175,181,1	L=1	F=0,0,-186.48
243,249,1	L=1	F=0,0,-186.48
251,257,1	L=1	F=0,0,-186.48
259,265,1	L=1	F=0,0,-186.48
267,273,1	L=1	F=0,0,-186.48
275,281,1	L=1	F=0,0,-186.48
343,349,1	L=1	F=0,0,-186.48
351,357,1	L=1	F=0,0,-186.48
359,365,1	L=1	F=0,0,-186.48
367,373,1	L=1	F=0,0,-186.48
443,449,1	L=1	F=0,0,-186.48
451,457,1	L=1	F=0,0,-186.48
459,465,1	L=1	F=0,0,-186.48
467,473,1	L=1	F=0,0,-186.48



83,86,1	L=1	F=0,0,-1377
183,483,100	L=1	F=0,0,-2754
184,484,100	L=1	F=0,0,-2754
185,485,100	L=1	F=0,0,-2754
186,286,100	L=1	F=0,0,-2754

#### C BEBAN HIDUP TERPUSAT

43,49,1	L=2	F=0,0,-67.68
51,57,1	L=2	F=0,0,-67.68
59,65,1	L=2	F=0,0,-67.68
67,73,1	L=2	F=0,0,-67.68
75,81,1	L=2	F=0,0,-67.68
143,149,1	L=2	F=0,0,-135.36
151,157,1	L=2	F=0,0,-135.36
159,165,1	L=2	F=0,0,-135.36
167,173,1	L=2	F=0,0,-135.36
175,181,1	L=2	F=0,0,-135.36
243,249,1	L=2	F=0,0,-135.36
251,257,1	L=2	F=0,0,-135.36
259,265,1	L=2	F=0,0,-135.36
267,273,1	L=2	F=0,0,-135.36
275,281,1	L=2	F=0,0,-135.36
343,349,1	L=2	F=0,0,-135.36
351,357,1	L=2	F=0,0,-135.36
359,365,1	L=2	F=0,0,-135.36
367,373,1	L=2	F=0,0,-135.36
443,449,1	L=2	F=0,0,-135.36
451,457,1	L=2	F=0,0,-135.36
459,465,1	L=2	F=0,0,-135.36
467,473,1	L=2	F=0,0,-135.36

#### C BEBAN ANGIN TERPUSAT (Di proyeksikan Ke arah X dan Z)

43,49,1	L=3	F=-14.11,0,80
51,52,1	L=3	F=-14.11,0,80
53,57,1	L=3	F=0,0,13.54
59,61,1	L=3	F=0,0,13.54
62,65,1	L=3	F=0,0,67.68
67,71,1	L=3	F=0,0,67.68
72,73,1	L=3	F=4.72,0,26.68
75,81,1	L=3	F=4.72,0,26.68
143,149,1	L=3	F=-28.23,0,160
151,152,1	L=3	F=-28.23,0,160
153,157,1	L=3	F=0,0,27.07
159,161,1	L=3	F=0,0,27.07
162,165,1	L=3	F=0,0,135.36
167,171,1	L=3	F=0,0,135.36
172,173,1	L=3	F=9.43,0,53.35
175,181,1	L=3	F=9.43,0,53.35
243,249,1	L=3	F=-28.23,0,160
251,252,1	L=3	F=-28.23,0,160
253,257,1	L=3	F=0,0,27.07
259,261,1	L=3	F=0,0,27.07
262,265,1	L=3	F=0,0,135.36
267,271,1	L=3	F=0,0,135.36
272,273,1	L=3	F=9.43,0,53.35
275,281,1	L=3	F=9.43,0,53.35
343,349,1	L=3	F=-28.23,0,160
351,352,1	L=3	F=-28.23,0,160
353,357,1	L=3	F=0,0,27.07
359,361,1	L=3	F=0,0,27.07
362,365,1	L=3	F=0,0,135.36
367,371,1	L=3	F=0,0,135.36
372,373,1	L=3	F=9.43,0,53.35
443,449,1	L=3	F=-28.23,0,160
451,452,1	L=3	F=-28.23,0,160



453,457,1	L=3	F=0,0,27.07
459,461,1	L=3	F=0,0,27.07
462,465,1	L=3	F=0,0,135.36
467,471,1	L=3	F=0,0,135.36
472,473,1	L=3	F=9.43,0,53.35

#### COMBO

1	C=1.0,0.0,0.0	: BEBAN MATI
2	C=0.0,1.0,0.0	: BEBAN HIDUP
3	C=0.0,0.0,1.0	: BEBAN ANGIN
4	C=1.4,0.0,0.0	: BEBAN MATI
5	C=1.2,0.5,0.0	: BEBAN MATI + BEBAN HIDUP
6	C=1.2,1.6,0.8	: BEBAN MATI + BEBAN HIDUP + BEBAN ANGIN
7	C=1.2,1.3,0.5	: BEBAN MATI + BEBAN HIDUP + BEBAN ANGIN
8	C=0.9,0.0,-1.3	: BEBAN MATI + BEBAN ANGIN

*NB : Untuk mendapatkan gaya pada batang pengikat lateral truss, data diatas ditambah dengan data dibawah ini :*

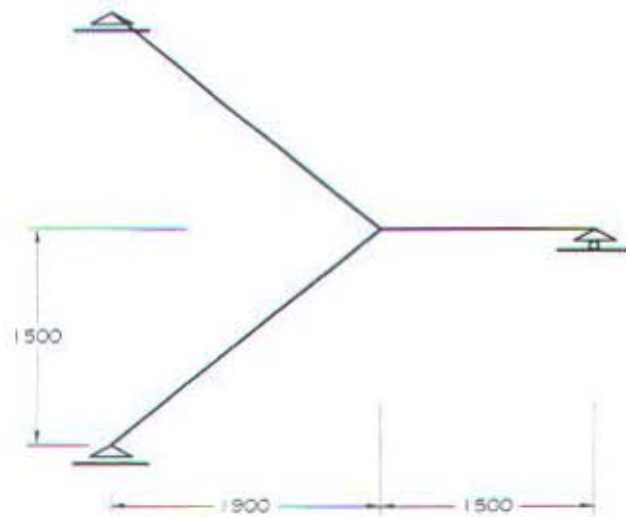
3001,1108,50	M=1	LP=3,0	G=3,1,10,100	LR=1,1,0,1,1,1
3006,158,1008	M=1	LP=3,0	G=3,1,100,10	LR=1,1,0,1,1,1
3011,58,1008	M=1	LP=3,0	G=3,1,100,10	LR=1,1,0,1,1,1
3016,1108,150	M=1	LP=3,0	G=3,1,10,100	LR=1,1,0,1,1,1
3021,1103,9	M=1	LP=3,0	G=3,1,10,100	LR=1,1,0,1,1,1
3026,117,1003	M=1	LP=3,0	G=3,1,100,10	LR=1,1,0,1,1,1
3031,17,1003	M=1	LP=3,0	G=3,1,100,10	LR=1,1,0,1,1,1
3036,1103,109	M=1	LP=3,0	G=3,1,10,100	LR=1,1,0,1,1,1
3041,409,1143	M=1	LP=3,0		
3046,450,1149	M=1	LP=3,0		
3051,1049,458	M=1	LP=3,0		
3056,1043,417	M=1	LP=3,0		

*kemudian diambil gaya maksimum (batang 3001) untuk perencanaan batang pengikat.*

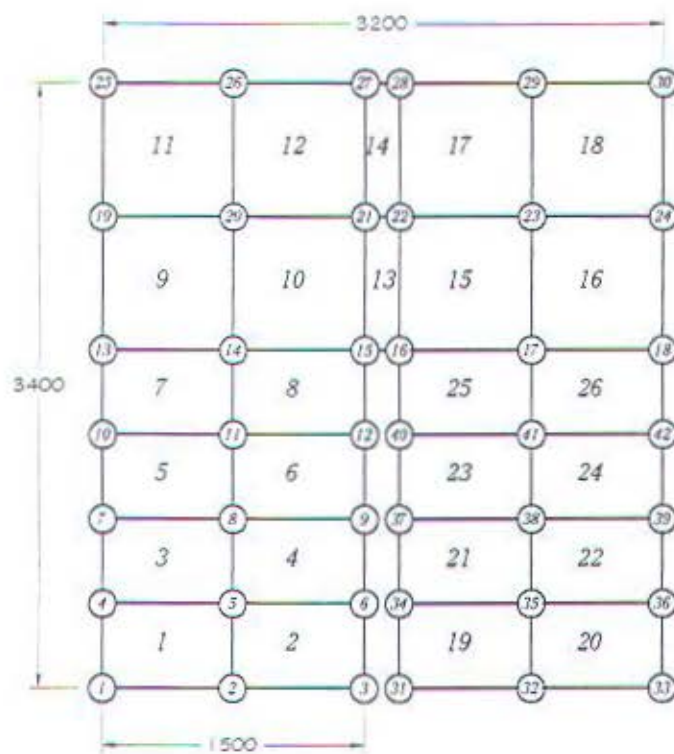
*Printed in*

*Sabtu, 1 Dzulhijah 1421 H*

*Saturday, February 24, 2001 M*



STRUKTUR TANGGA



NOMOR ELEMENT dan JOINT

# ANALISA STRUKTUR TANGGA 3D (Kg-m)

Prepared by I MaKeLa

3198.109.524

## SYSTEM

L=1

## JOINTS

1	X=0.00	Y=0.00	Z=0.00	
3	X=1.50	Y=0.00	Z=0.00	
10	X=0.00	Y=1.425	Z=1.125	
12	X=1.50	Y=1.425	Z=1.125	Q=1,3,10,12,1,3
13	X=0.00	Y=1.90	Z=1.50	
15	X=1.50	Y=1.90	Z=1.50	
25	X=0.00	Y=3.40	Z=1.50	
27	X=1.50	Y=3.40	Z=1.50	Q=13,15,25,27,1,6
16	X=1.70	Y=1.90	Z=1.50	
18	X=3.20	Y=1.90	Z=1.50	
28	X=1.70	Y=3.40	Z=1.50	
30	X=3.20	Y=3.40	Z=1.50	Q=16,18,28,30,1,6
31	X=1.70	Y=0.00	Z=3.00	
33	X=3.20	Y=0.00	Z=3.00	
40	X=1.70	Y=1.425	Z=1.875	
42	X=3.20	Y=1.425	Z=1.875	Q=31,33,40,42,1,3

## RESTRAINTS

1,42,1	R=1,1,0,0,0,1	
1,3,1	R=1,1,1,0,0,1	: SENDI 3D
31,33,1	R=1,1,1,0,0,1	: SENDI 3D
25,30,1	R=0,0,1,0,0,1	: ROL 3D

## SHELL

NM=1	Z=-1	P=-1			
1	E=2.57E9	W=2400*1.2			
1	JQ=1,2,4,5	M=1	ETYPE=2	TH=0.215,0.13	G=2,3
7	JQ=10,11,13,14	M=1	ETYPE=2	TH=0.215,0.13	G=2,1
9	JQ=13,14,19,20	M=1	ETYPE=2	TH=0.215,0.13	G=2,2
13	JQ=15,16,21,22	M=1	ETYPE=2	TH=0.215,0.13	G=1,2
15	JQ=16,17,22,23	M=1	ETYPE=2	TH=0.215,0.13	G=2,2
19	JQ=31,32,34,35	M=1	ETYPE=2	TH=0.215,0.13	G=2,3
25	JQ=40,41,16,17	M=1	ETYPE=2	TH=0.215,0.13	G=2,1

## LOADS

6,12,3	F=0,0,-37.2
15,16,1	F=0,0,-18.6
34,40,3	F=0,0,-37.2

## POTENTIAL

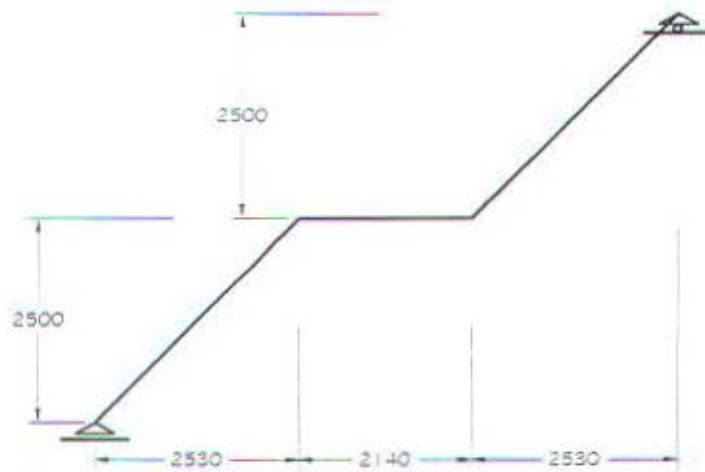
1,15,1	P=144.42,144.42	: BEBAN MATI TERFAKTOR PLESTERAN + PENUTUP LANTAI
1,15,1	P=627.91,627.91	: BEBAN HIDUP TERFAKTOR PELAT TANGGA
13,30,1	P=108.0,108.0	: BEBAN MATI TERFAKTOR PLESTERAN + PENUTUP LANTAI
13,30,1	P=800.0,800.0	: BEBAN HIDUP TERFAKTOR PELAT BORDES
31,42,1	P=144.42,144.42	: BEBAN MATI TERFAKTOR PLESTERAN + PENUTUP LANTAI
31,42,1	P=627.91,627.91	: BEBAN HIDUP TERFAKTOR PELAT TANGGA

Printed in

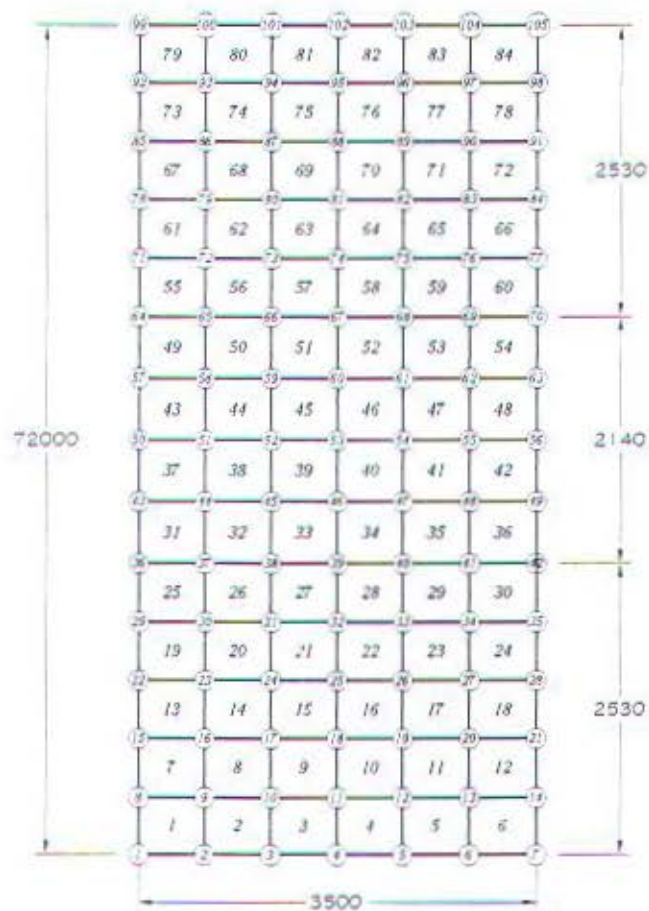
Selasa, 22 Muharram 1421 H

Tuesday, April 17, 2001 M





STRUKTUR TANGGA



NOMOR ELEMENT dan JOINT

## ANALISA STRUKTUR TANGGA 3D (Kg-m)

Prepared by IMaKeLa

3198.109.524

### SYSTEM

L=2

### JOINTS

1	X=0.00	Y=0.00	Z=0.00	
7	X=3.50	Y=0.00	Z=0.00	
36	X=0.00	Y=2.53	Z=2.50	
42	X=3.50	Y=2.53	Z=2.50	Q=1,7,36,42,1,7
43	X=0.00	Y=3.065	Z=2.50	
49	X=3.50	Y=3.065	Z=2.50	
57	X=0.00	Y=4.135	Z=2.50	
63	X=3.50	Y=4.135	Z=2.50	Q=43,49,57,63,1,7
64	X=0.00	Y=4.67	Z=2.50	
70	X=3.50	Y=4.67	Z=2.50	
99	X=0.00	Y=7.20	Z=5.00	
105	X=3.50	Y=7.20	Z=5.00	Q=64,70,99,105,1,7

### RESTRAINTS

1,105,1	R=1,1,0,0,0,1	
1,99,7	R=1,1,1,1,0,0	: SENDI 3D
2,6,1	R=1,1,1,1,0,0	: SENDI 3D
7,105,7	R=1,1,1,1,0,0	: SENDI 3D
100,104,1	R=1,1,1,1,0,0	: SENDI 3D

### SHELL

NM=1 Z=-1

1 E=2.57E9 W=2400

1	JQ=1,2,8,9	M=1	ETYPE=2	TH=0.21,0.13	G=6,5
31	JQ=36,37,43,44	M=1	ETYPE=2	TH=0.21,0.13	G=6,4
55	JQ=64,65,71,72	M=1	ETYPE=2	TH=0.21,0.13	G=6,5

### LOADS

#### C BEBAN MATI

9,13,1	L=1	F=0,0,-43.56
16,20,1	L=1	F=0,0,-43.56
23,27,1	L=1	F=0,0,-43.56
30,34,1	L=1	F=0,0,-43.56
37,41,1	L=1	F=0,0,-43.56
44,48,1	L=1	F=0,0,-24.075
51,55,1	L=1	F=0,0,-24.075
58,62,1	L=1	F=0,0,-24.075
65,69,1	L=1	F=0,0,-43.56
72,76,1	L=1	F=0,0,-43.56
79,83,1	L=1	F=0,0,-43.56
86,90,1	L=1	F=0,0,-43.56
93,97,1	L=1	F=0,0,-43.56

#### C BEBAN HIDUP

9,13,1	L=2	F=0,0,-126.5
16,20,1	L=2	F=0,0,-126.5
23,27,1	L=2	F=0,0,-126.5
30,34,1	L=2	F=0,0,-126.5
37,41,1	L=2	F=0,0,-126.5
44,48,1	L=2	F=0,0,-133.75
51,55,1	L=2	F=0,0,-133.75
58,62,1	L=2	F=0,0,-133.75
65,69,1	L=2	F=0,0,-126.5
72,76,1	L=2	F=0,0,-126.5

79,83,1	L=2	F=0,0,-126.5
86,90,1	L=2	F=0,0,-126.5
93,97,1	L=2	F=0,0,-126.5

#### COMBO

1	C=1.0,0.0
2	C=0.0,1.0
3	C=1.2,1.6

### ANALISA STRUKTUR TANGGA 3D (Kg-m)

*Prepared by* IMaKeLa

3198.109.524

#### SYSTEM

L=2

#### JOINTS

1	X=0.00	Y=0.00	Z=0.00
2	X=2.53	Y=0.00	Z=2.50
3	X=4.67	Y=0.00	Z=2.50
4	X=7.20	Y=0.00	Z=5.00

#### RESTRAINTS

1	R=1,1,1,0,0,1	: SENDI
4	R=0,1,1,0,0,1	: ROL

#### FRAME

NM=1 NL=3 Z=-1

1	SH=I	T=0.4,0.2,0.007,0.011	E=2.0E10	W=56.6
1	WG=0,0,-1011.6	: BEBAN MATTI + RAILING TANGGA		
2	WG=0,0,-736	: BEBAN MATTI + RAILING BORDES		
3	WG=0,0,-875	: BEBAN HIDUP		
1,1,2	M=1	LP=-2,0	NSL=1,3	
2,2,3	M=1	LP=-2,0	NSL=2,3	
3,3,4	M=1	LP=-2,0	NSL=1,3	

#### COMBO

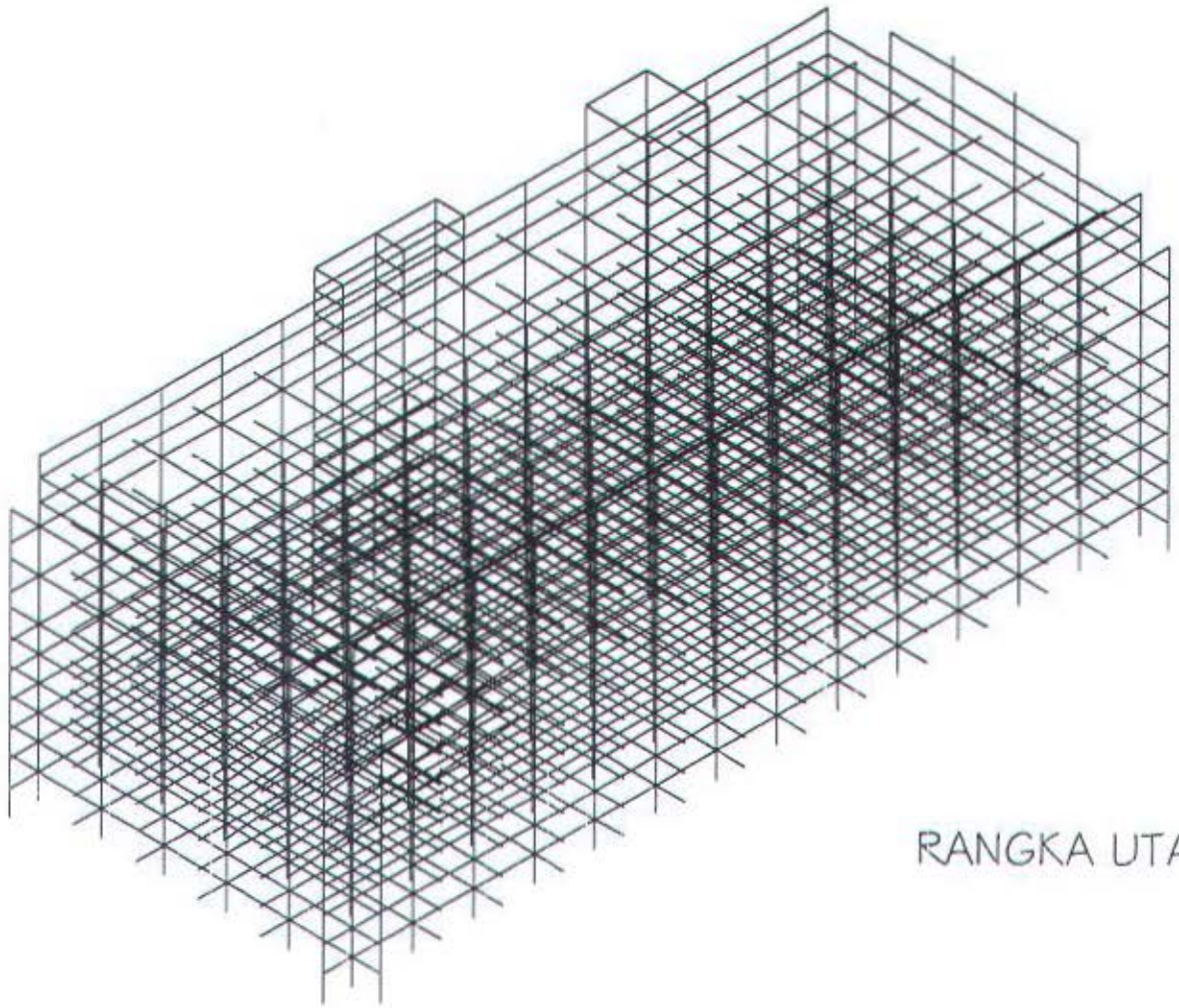
1	C=1.0,0.0
2	C=0.0,1.0
3	C=1.2,1.6

*Printed in*

*Kamis, 10 Rabiul awal 1421 H*

*Thursday, June 07, 2001 M*





RANGKA UTAMA

# MAIN STRUCTURE STATIC ANALYSIS (Ton-m)

Created by IMaKela

98.109.524

STEM

I=5 W=1

NT

DINT UTAMA

	X=3.40	Y=3.40	Z=0.00	
	X=97.0	Y=3.40	Z=0.00	
1	X=3.40	Y=3.40	Z=15.0	
4	X=97.0	Y=3.40	Z=15.0	Q=1,14,1001,1014,1,200
	X=3.40	Y=10.9	Z=0.00	
	X=97.0	Y=10.9	Z=0.00	
5	X=3.40	Y=10.9	Z=15.0	
8	X=97.0	Y=10.9	Z=15.0	Q=15,28,1015,1028,1,200
	X=3.40	Y=18.4	Z=0.00	
	X=10.6	Y=18.4	Z=0.00	
9	X=3.40	Y=18.4	Z=15.0	
0	X=10.6	Y=18.4	Z=15.0	Q=29,30,1029,1030,1,200
	X=39.4	Y=18.4	Z=0.00	
	X=97.0	Y=18.4	Z=0.00	
1	X=39.4	Y=18.4	Z=15.0	
9	X=97.0	Y=18.4	Z=15.0	Q=31,39,1031,1039,1,200
	X=3.40	Y=25.9	Z=0.00	
	X=10.6	Y=25.9	Z=0.00	
0	X=3.40	Y=25.9	Z=15.0	
1	X=10.6	Y=25.9	Z=15.0	Q=40,41,1040,1041,1,200
	X=39.4	Y=25.9	Z=0.00	
	X=97.0	Y=25.9	Z=0.00	
2	X=39.4	Y=25.9	Z=15.0	
0	X=97.0	Y=25.9	Z=15.0	Q=42,50,1042,1050,1,200
	X=3.40	Y=33.4	Z=0.00	
	X=97.0	Y=33.4	Z=0.00	
1	X=3.40	Y=33.4	Z=15.0	
4	X=97.0	Y=33.4	Z=15.0	Q=51,64,1051,1064,1,200

	X=3.40	Y=40.9	Z=0.00	
	X=97.0	Y=40.9	Z=0.00	
5	X=3.40	Y=40.9	Z=15.0	
8	X=97.0	Y=40.9	Z=15.0	Q=65,78,1065,1078,1,200
1	X=3.40	Y=3.40	Z=18.0	
4	X=97.0	Y=3.40	Z=18.0	
1	X=3.40	Y=40.9	Z=18.0	
4	X=97.0	Y=40.9	Z=18.0	Q=1201,1214,1271,1284,1,14
1	X=3.40	Y=3.40	Z=23.0	
4	X=97.0	Y=3.40	Z=23.0	
1	X=3.40	Y=40.9	Z=23.0	
4	X=97.0	Y=40.9	Z=23.0	Q=1401,1414,1471,1484,1,14
1	X=3.40	Y=3.40	Z=28.0	
4	X=97.0	Y=3.40	Z=28.0	
1	X=3.40	Y=40.9	Z=28.0	
4	X=97.0	Y=40.9	Z=28.0	Q=1601,1614,1671,1684,1,14
1	X=3.40	Y=3.40	Z=30.5	
4	X=97.0	Y=3.40	Z=30.5	G=1801,1814,1
5	X=3.40	Y=10.9	Z=30.5	
7	X=3.40	Y=33.4	Z=30.5	G=1815,1857,14
8	X=97.0	Y=10.9	Z=30.5	
0	X=97.0	Y=33.4	Z=30.5	G=1828,1870,14
1	X=3.40	Y=40.9	Z=30.5	
4	X=97.0	Y=40.9	Z=30.5	G=1871,1884,1
1	X=3.40	Y=3.40	Z=33.0	
4	X=97.0	Y=3.40	Z=33.0	G=2001,2014,1
5	X=3.40	Y=10.9	Z=33.0	
7	X=3.40	Y=33.4	Z=33.0	G=2015,2057,14
8	X=97.0	Y=10.9	Z=33.0	
0	X=97.0	Y=33.4	Z=33.0	G=2028,2070,14
1	X=3.40	Y=40.9	Z=33.0	
4	X=97.0	Y=40.9	Z=33.0	G=2071,2084,1
1	X=3.40	Y=3.40	Z=35.2	
4	X=97.0	Y=3.40	Z=35.2	G=2201,2214,1
5	X=3.40	Y=10.9	Z=36.6	
7	X=3.40	Y=33.4	Z=36.6	G=2215,2257,14
8	X=97.0	Y=10.9	Z=36.6	
0	X=97.0	Y=33.4	Z=36.6	G=2228,2270,14
1	X=3.40	Y=40.9	Z=35.2	
4	X=97.0	Y=40.9	Z=35.2	G=2271,2284,1



9	X=3.40	Y=18.4	Z=37.85
2	X=97.0	Y=18.4	Z=37.85
3	X=3.40	Y=25.9	Z=37.85
6	X=97.0	Y=25.9	Z=37.85
6	X=68.2	Y=33.4	Z=33.00
6	X=68.2	Y=33.4	Z=39.50
7	X=75.4	Y=33.4	Z=33.00
7	X=75.4	Y=33.4	Z=39.50
0	X=68.2	Y=40.9	Z=39.50
1	X=75.4	Y=40.9	Z=39.50

# JOINT RAMP

	X=17.8	Y=18.4	Z=0.00	
	X=32.2	Y=18.4	Z=0.00	G=82, 90, 4
	X=17.8	Y=25.9	Z=0.00	
	X=32.2	Y=25.9	Z=0.00	G=83, 91, 4
	X=17.8	Y=14.65	Z=0.75	
	X=32.2	Y=14.65	Z=2.25	
11	X=17.8	Y=14.65	Z=12.75	
19	X=32.2	Y=14.65	Z=14.25	Q=281, 289, 1081, 1089, 4, 200
	X=17.8	Y=18.4	Z=0.75	
0	X=32.2	Y=18.4	Z=2.25	
2	X=17.8	Y=18.4	Z=12.75	
30	X=32.2	Y=18.4	Z=14.25	Q=282, 290, 1082, 1090, 4, 200
8	X=17.8	Y=25.9	Z=0.75	
	X=32.2	Y=25.9	Z=2.25	
33	X=17.8	Y=25.9	Z=12.75	
91	X=32.2	Y=25.9	Z=14.25	Q=283, 291, 1083, 1091, 4, 200
4	X=17.8	Y=29.65	Z=0.75	
2	X=32.2	Y=29.65	Z=2.25	
34	X=17.8	Y=29.65	Z=12.75	
2	X=32.2	Y=29.65	Z=14.25	Q=284, 292, 1084, 1092, 4, 200

# JOINT KANTILEVER

	X=39.4	Y=44.3	Z=0.00	
	X=53.8	Y=44.3	Z=0.00	G=96, 98, 1
1	X=17.8	Y=14.65	Z=3.00	
3	X=32.2	Y=14.65	Z=3.00	
1	X=17.8	Y=14.65	Z=15.0	
3	X=32.2	Y=14.65	Z=15.0	Q=101, 103, 901, 903, 1, 200

X=17.8	Y=29.65	Z=3.00	
X=32.2	Y=29.65	Z=3.00	
X=17.8	Y=29.65	Z=15.0	
X=32.2	Y=29.65	Z=15.0	Q=104,106,904,906,1,200
X=3.40	Y=0.00	Z=3.00	
X=97.0	Y=0.00	Z=3.00	
X=3.40	Y=0.00	Z=15.0	
X=97.0	Y=0.00	Z=15.0	Q=111,124,911,924,1,200
X=3.40	Y=44.3	Z=3.00	
X=97.0	Y=44.3	Z=3.00	
X=3.40	Y=44.3	Z=15.0	
X=97.0	Y=44.3	Z=15.0	Q=131,144,931,944,1,200
X=0.00	Y=3.40	Z=3.00	
X=0.00	Y=40.9	Z=3.00	
X=0.00	Y=3.40	Z=15.0	
X=0.00	Y=40.9	Z=15.0	Q=151,156,951,956,1,200
X=100.4	Y=3.40	Z=3.00	
X=100.4	Y=40.9	Z=3.00	
X=100.4	Y=3.40	Z=15.0	
X=100.4	Y=40.9	Z=15.0	Q=161,166,961,966,1,200
X=3.40	Y=0.00	Z=0.00	
X=97.0	Y=0.00	Z=0.00	
X=3.40	Y=44.3	Z=0.00	
X=97.0	Y=44.3	Z=0.00	
X=0.00	Y=3.40	Z=0.00	
X=0.00	Y=40.9	Z=0.00	
X=100.4	Y=3.40	Z=0.00	
X=100.4	Y=40.9	Z=0.00	
X=3.40	Y=0.00	Z=18.0	
X=97.0	Y=0.00	Z=18.0	
X=3.40	Y=0.00	Z=28.0	
X=97.0	Y=0.00	Z=28.0	Q=1111,1124,1511,1524,1,200
X=3.40	Y=44.3	Z=18.0	
X=97.0	Y=44.3	Z=18.0	
X=3.40	Y=44.3	Z=28.0	
X=97.0	Y=44.3	Z=28.0	Q=1131,1144,1531,1544,1,200
X=0.00	Y=3.40	Z=18.0	
X=0.00	Y=40.9	Z=18.0	
X=0.00	Y=3.40	Z=28.0	
X=0.00	Y=40.9	Z=28.0	Q=1151,1156,1551,1556,1,200

1	X=100.4	Y=3.40	Z=18.0	
6	X=100.4	Y=40.9	Z=18.0	
1	X=100.4	Y=3.40	Z=28.0	
6	X=100.4	Y=40.9	Z=28.0	Q=1161,1166,1561,1566,1,200
6	X=39.4	Y=44.3	Z=30.5	
8	X=53.8	Y=44.3	Z=30.5	G=1736,1738,1
6	X=39.4	Y=44.3	Z=33.0	
8	X=53.8	Y=44.3	Z=33.0	G=1936,1938,1
6	X=39.4	Y=44.3	Z=35.2	
8	X=53.8	Y=44.3	Z=35.2	G=2136,2138,1
1	X=53.8	Y=22.15	Z=15.0	
1	X=53.8	Y=22.15	Z=18.0	
1	X=53.8	Y=22.15	Z=23.0	
2	X=61.0	Y=22.15	Z=18.0	
2	X=61.0	Y=22.15	Z=28.0	G=2502,2522,10

#### MASTER JOINT

1	X=50.041	Y=22.325	Z=3.00	
2	X=50.040	Y=22.328	Z=6.00	
5	X=50.040	Y=22.328	Z=15.0	G=3002,3005,1
6	X=50.176	Y=22.134	Z=18.0	
8	X=50.176	Y=22.134	Z=28.0	G=3006,3008,1
9	X=50.326	Y=22.437	Z=35.2	

#### STRAINTS

001,1	R=0,0,0,0,0,0	: BEBAS
8,1	R=1,1,1,1,1,1	: JEPIT 3D
90,4	R=1,1,1,1,1,1	: JEPIT 3D
91,4	R=1,1,1,1,1,1	: JEPIT 3D
98,1	R=1,1,1,1,1,1	: JEPIT 3D
,198,1	R=1,1,1,1,1,1	: JEPIT 3D
1,3009,1	R=0,0,1,1,1,0	: MASTER OF JOINTS

#### ASSES

1	M=268.830,268.830,0,0,0,183694
2,3004,1	M=223.047,223.047,0,0,0,152410
5	M=222.496,222.496,0,0,0,153944
6,3008,1	M=263.721,263.721,0,0,0,182455
9	M=84.598,84.598,0,0,0,57203



=54	2=-1				
T=0.62,0.62	E=2.97E6	W=0.9350	:	KOLOM KOMPOSIT Lt. DASAR-5	
T=0.52,0.52	E=2.97E6	W=0.6675	:	KOLOM KOMPOSIT Lt. 6-8	
T=0.45,0.45	E=2.97E6	W=0.4848	:	KOLOM KOMPOSIT Lt. 9	
T=0.3,0.3,0.012,0.012	E=2.0E7	W=0.0840	:	KOLOM LIFT DAN TANGGA Lt. 1-9	
T=0.5,0.2,0.01,0.016	E=2.0E7	W=0.0897	:	BALOK UTAMA Lt. 1-8	
T=0.3,0.2,0.008,0.012	E=2.0E7	W=0.0568	:	BALOK UTAMA Lt. 9	
0,-1.040			:	B. MATI BALOK MEMANJANG TEPI Lt. 1 - 5	
0,-2.860			:	B. HIDUP BALOK MEMANJANG TEPI Lt. 1	
0,-1.091			:	B. MATI BALOK MEMANJANG TENGAH Lt. 1 - 5	
0,-3.000			:	B. HIDUP BALOK MEMANJANG TEPI Lt. 1	
0,-1.540			:	B. MATI BALOK MEMANJANG TEPI Lt. 6 - 8	
0,-1.430			:	B. HIDUP BALOK MEMANJANG TEPI Lt. 2 - 8	
0,-1.591			:	B. MATI BALOK MEMANJANG TENGAH Lt. 6 - 8	
0,-1.500			:	B. HIDUP BALOK MEMANJANG TEPI Lt. 2 - 8	
0,-2.875			:	B. MATI BALOK MEMANJANG AKIBAT TANGGA	
0,-0.500			:	B. DINDING SETINGGI 2 M	
0,-0.625			:	B. DINDING SETINGGI 2,5 M	
0,-1.125			:	B. DINDING SETINGGI 4,5 M	
0,-0.500	PLD=0.5,-2.5,0,1.75,-2.5,0,2,-3.60,0		:	B. MATI BALOK MELINTANG AKIBAT TANGGA UTAMA	
0,-0.500	PLD=1.75,-3.60,0,2,-2.5,0,3.25,-2.5,0		:	B. MATI BALOK MELINTANG AKIBAT TANGGA UTAMA	
0,-0.890	PLD=1.8,-9.40,0,5.4,-9.40,0		:	B. MATI LIFT	
0,-0.680	PLD=1.8,-0.575,0,5.4,-0.575,0		:	B. HIDUP LIFT	
0,-0.890	PLD=1.8,-6.05,0,5.4,-6.05,0		:	B. MATI LIFT	
3.75,-6.257,0			:	B. MATI BALOK MELINTANG TEPI Lt. 1	
3.75,-15.90,0			:	B. HIDUP BALOK MELINTANG TEPI Lt. 1	
3.75,-8.500,0			:	B. MATI BALOK MELINTANG TENGAH Lt. 1	
3.75,-21.600,0			:	B. HIDUP BALOK MELINTANG TENGAH Lt. 1	
3.75,-6.148,0			:	B. MATI BALOK MELINTANG TEPI Lt. 2-5	
3.75,-7.950,0			:	B. HIDUP BALOK MELINTANG TEPI Lt. 2-5	
3.75,-8.352,0			:	B. MATI BALOK MELINTANG TENGAH Lt. 2-5	
3.75,-10.800,0			:	B. HIDUP BALOK MELINTANG TENGAH Lt. 2-5	
3.75,-8.854,0			:	B. MATI BALOK MELINTANG TEPI Lt. 6-8	
3.75,-7.950,0			:	B. MATI BALOK MELINTANG TEPI Lt. 6-8	
3.75,-12.028,0			:	B. MATI BALOK MELINTANG TENGAH Lt. 6-8	
3.75,-10.800,0			:	B. HIDUP BALOK MELINTANG TENGAH Lt. 6-8	
0.90,0.756,0,2.1,-0.590,0			:	B. MATI KOLOM MEMANJANG TEPI AS-2	
0.90,0.328,0,2.1,-0.264,0			:	B. HIDUP KOLOM MEMANJANG TEPI AS-2	

EN KOLOM

	M=1	LP=-3,0	RE=0.00,0.25	MS=0,3001	G=77,1,1,1
1,401	M=1	LP=-3,0	RE=0.25,0.25	MS=3001,3002	G=77,1,1,1
1,601	M=1	LP=-3,0	RE=0.25,0.25	MS=3002,3003	G=77,1,1,1
1,801	M=1	LP=-3,0	RE=0.25,0.25	MS=3003,3004	G=77,1,1,1
1,1001	M=1	LP=-3,0	RE=0.25,0.25	MS=3004,3005	G=77,1,1,1
1,1201	M=1	LP=-3,0	RE=0.25,0.25	MS=3005,3006	G=29,1,1,1
1,1234	M=1	LP=-3,0	RE=0.25,0.25	MS=3005,3006	G=10,1,1,1
1,1248	M=1	LP=-3,0	RE=0.25,0.25	MS=3005,3006	G=36,1,1,1
1,1401	M=2	LP=-3,0	RE=0.25,0.25	MS=3006,3007	G=83,1,1,1
1,1601	M=2	LP=-3,0	RE=0.25,0.25	MS=3007,3008	G=83,1,1,1
1,1801	M=3	LP=-3,0	RE=0.25,0.25		G=13,1,1,1
1,1815	M=3	LP=-3,0	RE=0.25,0.25		G=3,14,14,14
1,1828	M=3	LP=-3,0	RE=0.25,0.25		G=3,14,14,14
1,1871	M=3	LP=-3,0	RE=0.25,0.25		G=13,1,1,1
1,2001	M=3	LP=-3,0	RE=0.15,0.15		G=13,1,1,1
1,2015	M=3	LP=-3,0	RE=0.15,0.15		G=3,14,14,14



28,2028	M=3	LP=-3,0	RE=0.15,0.15		G=3,14,14,14	
71,2071	M=3	LP=-3,0	RE=0.15,0.15		G=13,1,1,1	
01,2201	M=3	LP=-3,0	RE=0.15,0.15	MS=3008,3009	G=1,13,13,13	NSL=33,34,35,0
02,2202	M=3	LP=-3,0	RE=0.15,0.15	MS=3008,3009	G=11,1,1,1	NSL=39,40,41,0
15,2215	M=3	LP=-3,0	RE=0.15,0.15	MS=3008,3009	G=3,14,14,14	
28,2228	M=3	LP=-3,0	RE=0.15,0.15	MS=3008,3009	G=3,14,14,14	
71,2271	M=3	LP=-3,0	RE=0.15,0.15	MS=3008,3009	G=1,13,13,13	NSL=30,31,32,0
72,2272	M=3	LP=-3,0	RE=0.15,0.15	MS=3008,3009	G=7,1,1,1	NSL=36,37,38,0
80,2280	M=3	LP=-3,0	RE=0.15,0.15	MS=3008,3009	G=1,1,1,1	
82,2282	M=3	LP=-3,0	RE=0.15,0.15	MS=3008,3009	G=1,1,1,1	NSL=36,37,38,0
29,2429	M=3	LP=-3,0	RE=0.15,0.15		G=1,1,14,14	
42,2442	M=3	LP=-3,0	RE=0.15,0.15		G=1,1,14,14	
66,2066	M=3	LP=-3,0	RE=0.25,0.25			
66,2466	M=3	LP=-3,0	RE=0.25,0.25			NSL=42,43,44,0
67,2067	M=3	LP=-3,0	RE=0.25,0.25			
67,2467	M=3	LP=-3,0	RE=0.25,0.25			NSL=42,43,44,0
80,2480	M=3	LP=-3,0	RE=0.25,0.25		G=1,1,1,1	
,136	M=4	LP=-3,0	RE=0.25,0.25		G=2,1,1,1	
6,336	M=4	LP=-3,0	RE=0.25,0.25		G=8,1,200,200	
36,2136	M=4	LP=-3,0	RE=0.25,0.25	MS=3008,3009		
7,337	M=4	LP=-3,0	RE=0.25,0.25		G=8,1,200,200	
37,2137	M=4	LP=-3,0	RE=0.25,0.25	MS=3008,3009		
8,338	M=4	LP=-3,0	RE=0.25,0.25		G=8,1,200,200	
38,2138	M=4	LP=-3,0	RE=0.25,0.25	MS=3008,3009		
,111	M=4	LP=-3,0	RE=0.25,0.25			
,311	M=4	LP=-3,0	RE=0.25,0.25		G=6,1,200,200	
,124	M=4	LP=-3,0	RE=0.25,0.25			
,324	M=4	LP=-3,0	RE=0.25,0.25		G=6,1,200,200	
,131	M=4	LP=-3,0	RE=0.25,0.25			
,331	M=4	LP=-3,0	RE=0.25,0.25		G=6,1,200,200	
,144	M=4	LP=-3,0	RE=0.25,0.25			
,344	M=4	LP=-3,0	RE=0.25,0.25		G=6,1,200,200	
,151	M=4	LP=-3,0	RE=0.25,0.25			
,351	M=4	LP=-3,0	RE=0.25,0.25		G=6,1,200,200	
,156	M=4	LP=-3,0	RE=0.25,0.25			
,356	M=4	LP=-3,0	RE=0.25,0.25		G=6,1,200,200	
,161	M=4	LP=-3,0	RE=0.25,0.25			
,361	M=4	LP=-3,0	RE=0.25,0.25		G=6,1,200,200	
,166	M=4	LP=-3,0	RE=0.25,0.25			
,366	M=4	LP=-3,0	RE=0.25,0.25		G=6,1,200,200	



# TIEN KOLOM RAMP

182	M=1	LP=-3,0	RE=0.25,0.25	G=2,4,4,4
183	M=1	LP=-3,0	RE=0.25,0.25	G=2,4,4,4
12,482	M=1	LP=-3,0	RE=0.25,0.25	G=2,4,4,4
13,483	M=1	LP=-3,0	RE=0.25,0.25	G=2,4,4,4
12,682	M=1	LP=-3,0	RE=0.25,0.25	G=2,4,4,4
13,683	M=1	LP=-3,0	RE=0.25,0.25	G=2,4,4,4
12,882	M=1	LP=-3,0	RE=0.25,0.25	G=2,4,4,4
13,883	M=1	LP=-3,0	RE=0.25,0.25	G=2,4,4,4
12,1082	M=1	LP=-3,0	RE=0.25,0.25	G=2,4,4,4
13,1083	M=1	LP=-3,0	RE=0.25,0.25	G=2,4,4,4
082,1231	M=1	LP=-3,0	RE=0.25,0.25	G=2,4,4,1
083,1245	M=1	LP=-3,0	RE=0.25,0.25	G=2,4,4,1

# TIEN BALOK MEMANJANG

02,201	M=5	LP=2,0	RE=0.30,0.30	MS=3001,3001	G=12,1,1,1	NSL=1,2,0,0
16,215	M=5	LP=2,0	RE=0.30,0.30	MS=3001,3001	G=12,1,1,1	NSL=3,4,0,0
30,229	M=5	LP=2,0	RE=0.30,0.30	MS=3001,3001	G=12,1,1,1	NSL=3,4,0,0
32,231	M=5	LP=2,0	RE=0.30,0.30	MS=3001,3001	G=7,1,1,1	NSL=3,4,0,0
11,240	M=5	LP=2,0	RE=0.30,0.30	MS=3001,3001	G=7,1,1,1	NSL=3,4,0,0
13,242	M=5	LP=2,0	RE=0.30,0.30	MS=3001,3001	G=7,1,1,1	NSL=3,4,0,0
52,251	M=5	LP=2,0	RE=0.30,0.30	MS=3001,3001	G=12,1,1,1	NSL=3,4,0,0
56,265	M=5	LP=2,0	RE=0.30,0.30	MS=3001,3001	G=12,1,1,1	NSL=1,2,0,0
02,401	M=5	LP=2,0	RE=0.30,0.30	MS=3002,3002	G=12,1,1,1	NSL=1,6,0,0
16,415	M=5	LP=2,0	RE=0.30,0.30	MS=3002,3002	G=12,1,1,1	NSL=3,8,0,0
30,429	M=5	LP=2,0	RE=0.30,0.30	MS=3002,3002	G=12,1,1,1	NSL=3,8,0,0
32,431	M=5	LP=2,0	RE=0.30,0.30	MS=3002,3002	G=7,1,1,1	NSL=3,8,0,0
11,440	M=5	LP=2,0	RE=0.30,0.30	MS=3002,3002	G=7,1,1,1	NSL=3,8,0,0
13,442	M=5	LP=2,0	RE=0.30,0.30	MS=3002,3002	G=7,1,1,1	NSL=3,8,0,0
52,451	M=5	LP=2,0	RE=0.30,0.30	MS=3002,3002	G=12,1,1,1	NSL=3,8,0,0
56,465	M=5	LP=2,0	RE=0.30,0.30	MS=3002,3002	G=12,1,1,1	NSL=1,6,0,0
02,601	M=5	LP=2,0	RE=0.30,0.30	MS=3003,3003	G=12,1,1,1	NSL=1,6,0,0
16,615	M=5	LP=2,0	RE=0.30,0.30	MS=3003,3003	G=12,1,1,1	NSL=3,8,0,0
30,629	M=5	LP=2,0	RE=0.30,0.30	MS=3003,3003	G=12,1,1,1	NSL=3,8,0,0
32,631	M=5	LP=2,0	RE=0.30,0.30	MS=3003,3003	G=7,1,1,1	NSL=3,8,0,0
11,640	M=5	LP=2,0	RE=0.30,0.30	MS=3003,3003	G=7,1,1,1	NSL=3,8,0,0
13,642	M=5	LP=2,0	RE=0.30,0.30	MS=3003,3003	G=7,1,1,1	NSL=3,8,0,0
52,651	M=5	LP=2,0	RE=0.30,0.30	MS=3003,3003	G=12,1,1,1	NSL=3,8,0,0
56,665	M=5	LP=2,0	RE=0.30,0.30	MS=3003,3003	G=12,1,1,1	NSL=1,6,0,0
02,801	M=5	LP=2,0	RE=0.30,0.30	MS=3004,3004	G=12,1,1,1	NSL=1,6,0,0

16,815	M=5	LP=2,0	RE=0.30,0.30	MS=3004,3004	G=12,1,1,1	NSL=3,8,0,0
30,829	M=5	LP=2,0	RE=0.30,0.30	MS=3004,3004		NSL=3,8,0,0
32,831	M=5	LP=2,0	RE=0.30,0.30	MS=3004,3004	G=7,1,1,1	NSL=3,8,0,0
41,840	M=5	LP=2,0	RE=0.30,0.30	MS=3004,3004		NSL=3,8,0,0
43,842	M=5	LP=2,0	RE=0.30,0.30	MS=3004,3004	G=7,1,1,1	NSL=3,8,0,0
52,851	M=5	LP=2,0	RE=0.30,0.30	MS=3004,3004	G=12,1,1,1	NSL=3,8,0,0
66,865	M=5	LP=2,0	RE=0.30,0.30	MS=3004,3004	G=12,1,1,1	NSL=1,6,0,0
102,1001	M=5	LP=2,0	RE=0.30,0.30	MS=3005,3005	G=12,1,1,1	NSL=3,8,0,0
116,1015	M=5	LP=2,0	RE=0.30,0.30	MS=3005,3005	G=12,1,1,1	NSL=3,8,0,0
130,1029	M=5	LP=2,0	RE=0.30,0.30	MS=3005,3005		NSL=3,8,0,0
132,1031	M=5	LP=2,0	RE=0.30,0.30	MS=3005,3005	G=7,1,1,1	NSL=3,8,0,0
141,1040	M=5	LP=2,0	RE=0.30,0.30	MS=3005,3005		NSL=3,8,0,0
143,1042	M=5	LP=2,0	RE=0.30,0.30	MS=3005,3005	G=7,1,1,1	NSL=3,8,0,0
152,1051	M=5	LP=2,0	RE=0.30,0.30	MS=3005,3005	G=12,1,1,1	NSL=3,8,0,0
166,1065	M=5	LP=2,0	RE=0.30,0.30	MS=3005,3005	G=12,1,1,1	NSL=1,6,0,0
202,1201	M=5	LP=2,0	RE=0.25,0.25	MS=3006,3006	G=12,1,1,1	NSL=5,6,0,0
216,1215	M=5	LP=2,0	RE=0.25,0.25	MS=3006,3006	G=12,1,1,1	NSL=7,8,0,0
230,1229	M=5	LP=2,0	RE=0.25,0.25	MS=3006,3006	G=12,1,1,1	NSL=7,8,0,0
244,1243	M=5	LP=2,0	RE=0.25,0.25	MS=3006,3006	G=12,1,1,1	NSL=7,8,0,0
258,1257	M=5	LP=2,0	RE=0.25,0.25	MS=3006,3006	G=12,1,1,1	NSL=7,8,0,0
272,1271	M=5	LP=2,0	RE=0.25,0.25	MS=3006,3006	G=12,1,1,1	NSL=5,6,0,0
402,1401	M=5	LP=2,0	RE=0.25,0.25	MS=3007,3007	G=12,1,1,1	NSL=5,6,0,0
416,1415	M=5	LP=2,0	RE=0.25,0.25	MS=3007,3007	G=12,1,1,1	NSL=7,8,0,0
430,1429	M=5	LP=2,0	RE=0.25,0.25	MS=3007,3007	G=12,1,1,1	NSL=7,8,0,0
444,1443	M=5	LP=2,0	RE=0.25,0.25	MS=3007,3007	G=12,1,1,1	NSL=7,8,0,0
458,1457	M=5	LP=2,0	RE=0.25,0.25	MS=3007,3007	G=12,1,1,1	NSL=7,8,0,0
472,1471	M=5	LP=2,0	RE=0.25,0.25	MS=3007,3007	G=12,1,1,1	NSL=5,6,0,0
602,1601	M=5	LP=2,0	RE=0.25,0.25	MS=3008,3008	G=12,1,1,1	NSL=5,6,0,0
616,1615	M=5	LP=2,0	RE=0.25,0.25	MS=3008,3008	G=12,1,1,1	NSL=7,8,0,0
630,1629	M=5	LP=2,0	RE=0.25,0.25	MS=3008,3008	G=12,1,1,1	NSL=7,8,0,0
644,1643	M=5	LP=2,0	RE=0.25,0.25	MS=3008,3008	G=12,1,1,1	NSL=7,8,0,0
658,1657	M=5	LP=2,0	RE=0.25,0.25	MS=3008,3008	G=12,1,1,1	NSL=7,8,0,0
672,1671	M=5	LP=2,0	RE=0.25,0.25	MS=3008,3008	G=12,1,1,1	NSL=5,6,0,0
1002,1801	M=6	LP=2,0	RE=0.20,0.20		G=12,1,1,1	NSL=10,0,0,0
1872,1871	M=6	LP=2,0	RE=0.20,0.20		G=12,1,1,1	NSL=10,0,0,0
2002,2001	M=6	LP=2,0	RE=0.20,0.20		G=12,1,1,1	NSL=10,0,0,0
2072,2071	M=6	LP=2,0	RE=0.20,0.20		G=4,1,1,1	NSL=10,0,0,0
2077,2076	M=6	LP=2,0	RE=0.20,0.20		G=1,1,1,1	NSL=17,16,0,0
2079,2078	M=6	LP=2,0	RE=0.20,0.20		G=5,1,1,1	NSL=10,0,0,0
202,2201	M=6	LP=2,0	RE=0.20,0.20		G=12,1,1,1	



272,2271	M=6	LP=2,0	RE=0.20,0.20	G=12,1,1,1	
267,2066	M=6	LP=2,0	RE=0.20,0.20	G=1,1,400,400	
481,2480	M=6	LP=2,0	RE=0.20,0.20		
37,136	M=6	LP=2,0	RE=0.15,0.15	G=4,1,200,200	NSL=11,0,0,0
137,1136	M=6	LP=2,0	RE=0.15,0.15	G=1,1,200,200	NSL=12,0,0,0
537,1536	M=6	LP=2,0	RE=0.15,0.15	G=1,1,200,200	NSL=10,0,0,0
937,1936	M=6	LP=2,0	RE=0.15,0.15		NSL=15,16,0,0
137,2136	M=6	LP=2,0	RE=0.15,0.15		
38,137	M=6	LP=2,0	RE=0.15,0.15	G=4,1,200,200	NSL=11,0,0,0
138,1137	M=6	LP=2,0	RE=0.15,0.15	G=1,1,200,200	NSL=12,0,0,0
538,1537	M=6	LP=2,0	RE=0.15,0.15	G=1,1,200,200	NSL=10,0,0,0
938,1937	M=6	LP=2,0	RE=0.15,0.15		NSL=10,0,0,0
138,2137	M=6	LP=2,0	RE=0.15,0.15		

# MEN BALOK MELINTANG

01,215	M=5	LP=3,0	RE=0.30,0.30	MS=3001,3001		NSL=18,19,0,48
02,216	M=5	LP=3,0	RE=0.30,0.30	MS=3001,3001	G=11,1,1,1	NSL=20,21,0,48
14,228	M=5	LP=3,0	RE=0.30,0.30	MS=3001,3001		NSL=18,19,0,48
15,229	M=5	LP=3,0	RE=0.30,0.30	MS=3001,3001	G=1,1,1,1	NSL=18,19,0,49
20,231	M=5	LP=3,0	RE=0.30,0.30	MS=3001,3001	G=7,1,1,1	NSL=20,21,0,49
28,239	M=5	LP=3,0	RE=0.30,0.30	MS=3001,3001		NSL=18,19,0,49
29,240	M=5	LP=3,0	RE=0.30,0.30	MS=3001,3001	G=1,1,1,1	NSL=18,19,0,50
31,242	M=5	LP=3,0	RE=0.30,0.30	MS=3001,3001	G=7,1,1,1	NSL=20,21,0,50
39,250	M=5	LP=3,0	RE=0.30,0.30	MS=3001,3001	G=2,1,1,1	NSL=18,19,0,50
42,256	M=5	LP=3,0	RE=0.30,0.30	MS=3001,3001	G=7,1,1,1	NSL=20,21,0,50
50,264	M=5	LP=3,0	RE=0.30,0.30	MS=3001,3001		NSL=18,19,0,50
51,265	M=5	LP=3,0	RE=0.30,0.30	MS=3001,3001		NSL=18,19,0,51
52,266	M=5	LP=3,0	RE=0.30,0.30	MS=3001,3001	G=11,1,1,1	NSL=20,21,0,51
64,278	M=5	LP=3,0	RE=0.30,0.30	MS=3001,3001		NSL=18,19,0,51
876,1736	M=5	LP=3,0	RE=0.30,0.30	MS=3001,3001	G=2,1,1,1	NSL=10,0,0,52
076,1936	M=5	LP=3,0	RE=0.30,0.30	MS=3001,3001	G=2,1,1,1	NSL=10,0,0,52
276,2136	M=5	LP=3,0	RE=0.30,0.30	MS=3001,3001	G=2,1,1,1	NSL=0,0,0,52
01,415	M=5	LP=3,0	RE=0.30,0.30	MS=3002,3002		NSL=26,27,0,48
02,416	M=5	LP=3,0	RE=0.30,0.30	MS=3002,3002	G=11,1,1,1	NSL=24,25,0,48
14,428	M=5	LP=3,0	RE=0.30,0.30	MS=3002,3002		NSL=22,23,0,48
15,429	M=5	LP=3,0	RE=0.30,0.30	MS=3002,3002	G=1,1,1,1	NSL=22,23,0,49
20,431	M=5	LP=3,0	RE=0.30,0.30	MS=3002,3002	G=7,1,1,1	NSL=24,25,0,49
28,439	M=5	LP=3,0	RE=0.30,0.30	MS=3002,3002		NSL=22,23,0,49
29,440	M=5	LP=3,0	RE=0.30,0.30	MS=3002,3002	G=1,1,1,1	NSL=22,23,0,50
31,442	M=5	LP=3,0	RE=0.30,0.30	MS=3002,3002	G=7,1,1,1	NSL=24,25,0,50
39,450	M=5	LP=3,0	RE=0.30,0.30	MS=3002,3002	G=2,1,1,1	NSL=22,23,0,50



442,456	M=5	LP=3,0	RE=0.30,0.30	MS=3002,3002	G=7,1,1,1	NSL=24,25,0,50
450,464	M=5	LP=3,0	RE=0.30,0.30	MS=3002,3002		NSL=22,23,0,50
451,465	M=5	LP=3,0	RE=0.30,0.30	MS=3002,3002		NSL=22,23,0,51
452,466	M=5	LP=3,0	RE=0.30,0.30	MS=3002,3002	G=11,1,1,1	NSL=24,25,0,51
464,478	M=5	LP=3,0	RE=0.30,0.30	MS=3002,3002		NSL=22,23,0,51
601,615	M=5	LP=3,0	RE=0.30,0.30	MS=3003,3003		NSL=26,27,0,48
602,616	M=5	LP=3,0	RE=0.30,0.30	MS=3003,3003	G=11,1,1,1	NSL=24,25,0,48
614,628	M=5	LP=3,0	RE=0.30,0.30	MS=3003,3003		NSL=22,23,0,48
615,629	M=5	LP=3,0	RE=0.30,0.30	MS=3003,3003	G=1,1,1,1	NSL=22,23,0,49
620,631	M=5	LP=3,0	RE=0.30,0.30	MS=3003,3003	G=7,1,1,1	NSL=24,25,0,49
628,639	M=5	LP=3,0	RE=0.30,0.30	MS=3003,3003		NSL=22,23,0,49
629,640	M=5	LP=3,0	RE=0.30,0.30	MS=3003,3003	G=1,1,1,1	NSL=22,23,0,50
631,642	M=5	LP=3,0	RE=0.30,0.30	MS=3003,3003	G=7,1,1,1	NSL=24,25,0,50
639,650	M=5	LP=3,0	RE=0.30,0.30	MS=3003,3003	G=2,1,1,1	NSL=22,23,0,50
642,656	M=5	LP=3,0	RE=0.30,0.30	MS=3003,3003	G=7,1,1,1	NSL=24,25,0,50
650,664	M=5	LP=3,0	RE=0.30,0.30	MS=3003,3003		NSL=22,23,0,50
651,665	M=5	LP=3,0	RE=0.30,0.30	MS=3003,3003		NSL=22,23,0,51
652,666	M=5	LP=3,0	RE=0.30,0.30	MS=3003,3003	G=11,1,1,1	NSL=24,25,0,51
664,678	M=5	LP=3,0	RE=0.30,0.30	MS=3003,3003		NSL=22,23,0,51
801,815	M=5	LP=3,0	RE=0.30,0.30	MS=3004,3004		NSL=26,27,0,48
802,816	M=5	LP=3,0	RE=0.30,0.30	MS=3004,3004	G=11,1,1,1	NSL=24,25,0,48
814,828	M=5	LP=3,0	RE=0.30,0.30	MS=3004,3004		NSL=22,23,0,48
815,829	M=5	LP=3,0	RE=0.30,0.30	MS=3004,3004	G=1,1,1,1	NSL=22,23,0,49
820,831	M=5	LP=3,0	RE=0.30,0.30	MS=3004,3004	G=7,1,1,1	NSL=24,25,0,49
828,839	M=5	LP=3,0	RE=0.30,0.30	MS=3004,3004		NSL=22,23,0,49
829,840	M=5	LP=3,0	RE=0.30,0.30	MS=3004,3004	G=1,1,1,1	NSL=22,23,0,50
831,842	M=5	LP=3,0	RE=0.30,0.30	MS=3004,3004	G=7,1,1,1	NSL=24,25,0,50
839,850	M=5	LP=3,0	RE=0.30,0.30	MS=3003,3003	G=2,1,1,1	NSL=22,23,0,50
842,856	M=5	LP=3,0	RE=0.30,0.30	MS=3004,3004	G=7,1,1,1	NSL=24,25,0,50
850,864	M=5	LP=3,0	RE=0.30,0.30	MS=3004,3004		NSL=22,23,0,50
851,865	M=5	LP=3,0	RE=0.30,0.30	MS=3004,3004		NSL=22,23,0,51
852,866	M=5	LP=3,0	RE=0.30,0.30	MS=3004,3004	G=11,1,1,1	NSL=24,25,0,51
864,878	M=5	LP=3,0	RE=0.30,0.30	MS=3004,3004		NSL=22,23,0,51
1001,1015	M=5	LP=3,0	RE=0.30,0.30	MS=3005,3005		NSL=26,27,0,48
1002,1016	M=5	LP=3,0	RE=0.30,0.30	MS=3005,3005	G=11,1,1,1	NSL=24,25,0,48
1014,1028	M=5	LP=3,0	RE=0.30,0.30	MS=3005,3005		NSL=22,23,0,48
1015,1029	M=5	LP=3,0	RE=0.30,0.30	MS=3005,3005	G=1,1,1,1	NSL=22,23,0,49
1020,1031	M=5	LP=3,0	RE=0.30,0.30	MS=3005,3005	G=7,1,1,1	NSL=24,25,0,49
1028,1039	M=5	LP=3,0	RE=0.30,0.30	MS=3005,3005		NSL=22,23,0,49
1029,1040	M=5	LP=3,0	RE=0.30,0.30	MS=3005,3005	G=1,1,1,1	NSL=22,23,0,50

1031,1042	M=5	LP=3,0	RE=0.30,0.30	MS=3005,3005	G=1,1,1,1	NSL=24,25,0,50
1034,1045	M=5	LP=3,0	RE=0.30,0.30	MS=3005,3005	G=4,1,1,1	NSL=24,25,0,50
1039,1050	M=5	LP=3,0	RE=0.30,0.30	MS=3005,3005	G=2,1,1,1	NSL=22,23,0,50
1042,1056	M=5	LP=3,0	RE=0.30,0.30	MS=3005,3005	G=7,1,1,1	NSL=24,25,0,50
1050,1064	M=5	LP=3,0	RE=0.30,0.30	MS=3005,3005		NSL=22,23,0,50
1051,1065	M=5	LP=3,0	RE=0.30,0.30	MS=3005,3005		NSL=22,23,0,51
1052,1066	M=5	LP=3,0	RE=0.30,0.30	MS=3005,3005	G=11,1,1,1	NSL=24,25,0,51
1064,1078	M=5	LP=3,0	RE=0.30,0.30	MS=3005,3005		NSL=22,23,0,51
1201,1215	M=5	LP=3,0	RE=0.25,0.25	MS=3006,3006		NSL=26,27,0,48
1202,1216	M=5	LP=3,0	RE=0.25,0.25	MS=3006,3006	G=11,1,1,1	NSL=28,29,0,48
1214,1228	M=5	LP=3,0	RE=0.25,0.25	MS=3006,3006		NSL=26,27,0,48
1215,1229	M=5	LP=3,0	RE=0.25,0.25	MS=3006,3006		NSL=26,27,0,49
1216,1230	M=5	LP=3,0	RE=0.25,0.25	MS=3006,3006	G=11,1,1,1	NSL=28,29,0,49
1228,1242	M=5	LP=3,0	RE=0.25,0.25	MS=3006,3006		NSL=28,29,0,49
1229,1243	M=5	LP=3,0	RE=0.25,0.25	MS=3006,3006		NSL=28,29,0,50
1230,1244	M=5	LP=3,0	RE=0.25,0.25	MS=3006,3006	G=5,1,1,1	NSL=28,29,0,50
1238,1252	M=5	LP=3,0	RE=0.25,0.25	MS=3006,3006	G=3,1,1,1	NSL=28,29,0,50
1242,1256	M=5	LP=3,0	RE=0.25,0.25	MS=3006,3006		NSL=28,29,0,50
1243,1257	M=5	LP=3,0	RE=0.25,0.25	MS=3006,3006		NSL=28,29,0,50
1244,1258	M=5	LP=3,0	RE=0.25,0.25	MS=3006,3006	G=11,1,1,1	NSL=28,29,0,50
1256,1270	M=5	LP=3,0	RE=0.25,0.25	MS=3006,3006		NSL=28,29,0,50
1257,1271	M=5	LP=3,0	RE=0.25,0.25	MS=3006,3006		NSL=28,29,0,51
1258,1272	M=5	LP=3,0	RE=0.25,0.25	MS=3006,3006	G=11,1,1,1	NSL=28,29,0,51
1270,1284	M=5	LP=3,0	RE=0.25,0.25	MS=3006,3006		NSL=28,29,0,51
1401,1415	M=5	LP=3,0	RE=0.25,0.25	MS=3007,3007		NSL=26,27,0,48
1402,1416	M=5	LP=3,0	RE=0.25,0.25	MS=3007,3007	G=11,1,1,1	NSL=28,29,0,48
1414,1428	M=5	LP=3,0	RE=0.25,0.25	MS=3007,3007		NSL=26,27,0,48
1415,1429	M=5	LP=3,0	RE=0.25,0.25	MS=3007,3007		NSL=26,27,0,49
1416,1430	M=5	LP=3,0	RE=0.25,0.25	MS=3007,3007	G=11,1,1,1	NSL=28,29,0,49
1428,1442	M=5	LP=3,0	RE=0.25,0.25	MS=3007,3007		NSL=28,29,0,49
1429,1443	M=5	LP=3,0	RE=0.25,0.25	MS=3007,3007		NSL=28,29,0,50
1430,1444	M=5	LP=3,0	RE=0.25,0.25	MS=3007,3007	G=5,1,1,1	NSL=28,29,0,50
1438,1452	M=5	LP=3,0	RE=0.25,0.25	MS=3007,3007	G=3,1,1,1	NSL=28,29,0,50
1442,1456	M=5	LP=3,0	RE=0.25,0.25	MS=3007,3007		NSL=28,29,0,50
1443,1457	M=5	LP=3,0	RE=0.25,0.25	MS=3007,3007		NSL=28,29,0,50
1444,1458	M=5	LP=3,0	RE=0.25,0.25	MS=3007,3007	G=11,1,1,1	NSL=28,29,0,50
1456,1470	M=5	LP=3,0	RE=0.25,0.25	MS=3007,3007		NSL=28,29,0,50
1457,1471	M=5	LP=3,0	RE=0.25,0.25	MS=3007,3007		NSL=28,29,0,51
1458,1472	M=5	LP=3,0	RE=0.25,0.25	MS=3007,3007	G=11,1,1,1	NSL=28,29,0,51
1470,1484	M=5	LP=3,0	RE=0.25,0.25	MS=3007,3007		NSL=28,29,0,51



1601,1615	M=5	LP=3,0	RE=0.25,0.25	MS=3008,3008		NSL=26,27,0,48
1602,1616	M=5	LP=3,0	RE=0.25,0.25	MS=3008,3008	G=11,1,1,1	NSL=28,29,0,48
1614,1628	M=5	LP=3,0	RE=0.25,0.25	MS=3008,3008		NSL=26,27,0,48
1615,1629	M=5	LP=3,0	RE=0.25,0.25	MS=3008,3008		NSL=26,27,0,49
1616,1630	M=5	LP=3,0	RE=0.25,0.25	MS=3008,3008	G=11,1,1,1	NSL=28,29,0,49
1628,1642	M=5	LP=3,0	RE=0.25,0.25	MS=3008,3008		NSL=28,29,0,49
1629,1643	M=5	LP=3,0	RE=0.25,0.25	MS=3008,3008		NSL=28,29,0,50
1630,1644	M=5	LP=3,0	RE=0.25,0.25	MS=3008,3008	G=6,1,1,1	NSL=28,29,0,50
1638,1652	M=5	LP=3,0	RE=0.25,0.25	MS=3008,3008	G=3,1,1,1	NSL=28,29,0,50
1642,1656	M=5	LP=3,0	RE=0.25,0.25	MS=3008,3008		NSL=28,29,0,50
1643,1657	M=5	LP=3,0	RE=0.25,0.25	MS=3008,3008		NSL=28,29,0,50
1644,1658	M=5	LP=3,0	RE=0.25,0.25	MS=3008,3008	G=11,1,1,1	NSL=28,29,0,50
1656,1670	M=5	LP=3,0	RE=0.25,0.25	MS=3008,3008		NSL=28,29,0,50
1657,1671	M=5	LP=3,0	RE=0.25,0.25	MS=3008,3008		NSL=28,29,0,51
1658,1672	M=5	LP=3,0	RE=0.25,0.25	MS=3008,3008	G=11,1,1,1	NSL=28,29,0,51
1670,1684	M=5	LP=3,0	RE=0.25,0.25	MS=3008,3008		NSL=28,29,0,51
1801,1815	M=6	LP=3,0	RE=0.20,0.20		G=4,1,14,14	NSL=10,0,0,0
1814,1828	M=6	LP=3,0	RE=0.20,0.20		G=4,1,14,14	NSL=10,0,0,0
2001,2015	M=6	LP=3,0	RE=0.20,0.20		G=4,1,14,14	NSL=10,0,0,0
2014,2028	M=6	LP=3,0	RE=0.20,0.20		G=4,1,14,14	NSL=10,0,0,0
2215,2229	M=6	LP=3,0	RE=0.20,0.20		G=2,1,14,14	
2228,2242	M=6	LP=3,0	RE=0.20,0.20		G=2,1,14,14	
2066,2080	M=6	LP=3,0	RE=0.20,0.20		G=1,1,1,1	
2466,2480	M=6	LP=3,0	RE=0.20,0.20		G=1,1,1,1	

#### LOK MELINTANG PENYANGGA TANGGA UTAMA

1033,2501	M=6	LP=3,0	RE=0.20,0.20	MS=3008,3008		NSL=13,45,0,50
2501,1044	M=6	LP=3,0	RE=0.20,0.20	MS=3008,3008		NSL=14,46,0,50
1236,2511	M=6	LP=3,0	RE=0.20,0.20	MS=3006,3006		NSL=13,45,0,50
2511,1250	M=6	LP=3,0	RE=0.20,0.20	MS=3006,3006		NSL=14,46,0,50
1436,2521	M=6	LP=3,0	RE=0.20,0.20	MS=3007,3007		NSL=13,45,0,50
2521,1450	M=6	LP=3,0	RE=0.20,0.20	MS=3007,3007		NSL=14,46,0,50
1237,2502	M=6	LP=3,0	RE=0.20,0.20	MS=3008,3008		NSL=13,45,0,50
2502,1251	M=6	LP=3,0	RE=0.20,0.20	MS=3008,3008		NSL=14,46,0,50
1437,2512	M=6	LP=3,0	RE=0.20,0.20	MS=3007,3007		NSL=13,45,0,50
2512,1451	M=6	LP=3,0	RE=0.20,0.20	MS=3007,3007		NSL=14,46,0,50
1637,2522	M=6	LP=3,0	RE=0.20,0.20	MS=3008,3008		NSL=13,45,0,50
2522,1651	M=6	LP=3,0	RE=0.20,0.20	MS=3008,3008		NSL=14,46,0,50



### EMEN BALOK RAMP MEMANJANG

282,30	M=5	LP=2,0	RE=0.30,0.30
286,282	M=5	LP=2,0	RE=0.30,0.30
290,286	M=5	LP=2,0	RE=0.30,0.30
231,290	M=5	LP=2,0	RE=0.30,0.30
482,230	M=5	LP=2,0	RE=0.30,0.30
483,241	M=5	LP=2,0	RE=0.30,0.30
486,482	M=5	LP=2,0	RE=0.30,0.30
487,483	M=5	LP=2,0	RE=0.30,0.30
490,486	M=5	LP=2,0	RE=0.30,0.30
491,487	M=5	LP=2,0	RE=0.30,0.30
431,490	M=5	LP=2,0	RE=0.30,0.30
442,491	M=5	LP=2,0	RE=0.30,0.30

G=1,11,1,11	NSL=1,2,0,0
G=1,1,1,1	NSL=1,2,0,0
G=1,1,1,1	NSL=1,2,0,0
G=1,1,11,1	NSL=1,2,0,0
G=3,1000,200,200	NSL=1,6,0,0
G=3,1000,200,200	NSL=1,6,0,0
G=3,1000,200,200	NSL=1,6,0,0
G=3,1000,200,200	NSL=1,6,0,0
G=3,1000,200,200	NSL=1,6,0,0
G=3,1000,200,200	NSL=1,6,0,0
G=3,1000,200,200	NSL=1,6,0,0
G=3,1000,200,200	NSL=1,6,0,0
G=3,1000,200,200	NSL=1,6,0,0

### EMEN BALOK RAMP MELINTANG

281,282	M=5	LP=3,0	RE=0.00,0.30
282,283	M=5	LP=3,0	RE=0.30,0.30
283,284	M=5	LP=3,0	RE=0.30,0.00
481,482	M=5	LP=3,0	RE=0.00,0.30
482,483	M=5	LP=3,0	RE=0.30,0.30
483,484	M=5	LP=3,0	RE=0.30,0.00
485,486	M=5	LP=3,0	RE=0.00,0.30
486,487	M=5	LP=3,0	RE=0.30,0.30
487,488	M=5	LP=3,0	RE=0.30,0.00
489,490	M=5	LP=3,0	RE=0.00,0.30
490,491	M=5	LP=3,0	RE=0.30,0.30
491,492	M=5	LP=3,0	RE=0.30,0.00

G=2,4,4,4	
G=2,4,4,4	NSL=20,21,0,0
G=2,4,4,4	
G=3,1000,200,200	
G=3,1000,200,200	NSL=24,25,0,0
G=3,1000,200,200	
G=3,1000,200,200	
G=3,1000,200,200	NSL=24,25,0,0
G=3,1000,200,200	
G=3,1000,200,200	
G=3,1000,200,200	NSL=24,25,0,0
G=3,1000,200,200	

### EMEN BALOK KANTILEVER DALAM

217,101	M=5	LP=3,0	RE=0.30,0.00
218,102	M=5	LP=3,0	RE=0.30,0.00
219,103	M=5	LP=3,0	RE=0.30,0.00
104,253	M=5	LP=3,0	RE=0.00,0.30
105,254	M=5	LP=3,0	RE=0.00,0.30
106,255	M=5	LP=3,0	RE=0.00,0.30

G=4,1000,200,200	NSL=0,0,0,53
G=4,1000,200,200	NSL=0,0,0,53
G=4,1000,200,200	NSL=0,0,0,53
G=4,1000,200,200	NSL=0,0,0,54
G=4,1000,200,200	NSL=0,0,0,54
G=4,1000,200,200	NSL=0,0,0,54

### EMEN BALOK KANTILEVER LUAR

111,201	M=5	LP=3,0	RE=0.00,0.30
265,131	M=5	LP=3,0	RE=0.30,0.00
270,136	M=5	LP=3,0	RE=0.30,0.00
273,139	M=5	LP=3,0	RE=0.30,0.00
201,151	M=5	LP=2,0	RE=0.30,0.00

G=13,1,1,1	NSL=0,0,0,47
G=4,1,1,1	NSL=0,0,0,52
G=2,1,1,1	NSL=11,0,0,52
G=5,1,1,1	NSL=0,0,0,52
	NSL=9,2,0,0

215,152	M=5	LP=2,0	RE=0.30,0.00	G=1,1,14,1	NSL=3,4,0,0
240,154	M=5	LP=2,0	RE=0.30,0.00	G=1,1,11,1	NSL=3,4,0,0
265,156	M=5	LP=2,0	RE=0.30,0.00		NSL=9,2,0,0
161,214	M=5	LP=2,0	RE=0.00,0.30		NSL=9,2,0,0
162,228	M=5	LP=2,0	RE=0.00,0.30	G=1,1,1,11	NSL=3,4,0,0
164,250	M=5	LP=2,0	RE=0.00,0.30	G=1,1,1,14	NSL=3,4,0,0
166,278	M=5	LP=2,0	RE=0.00,0.30		NSL=9,2,0,0
311,401	M=5	LP=3,0	RE=0.00,0.30	G=13,1,1,1	NSL=0,0,0,47
465,331	M=5	LP=3,0	RE=0.30,0.00	G=4,1,1,1	NSL=0,0,0,52
470,336	M=5	LP=3,0	RE=0.30,0.00	G=3,1000,200,200	NSL=11,0,0,52
471,337	M=5	LP=3,0	RE=0.30,0.00	G=3,1000,200,200	NSL=11,0,0,52
472,338	M=5	LP=3,0	RE=0.30,0.00	G=3,1000,200,200	NSL=11,0,0,52
473,339	M=5	LP=3,0	RE=0.30,0.00	G=5,1,1,1	NSL=0,0,0,52
401,351	M=5	LP=2,0	RE=0.30,0.00	G=3,1000,200,200	NSL=9,6,0,0
415,352	M=5	LP=2,0	RE=0.30,0.00	G=3,1000,200,200	NSL=3,8,0,0
429,353	M=5	LP=2,0	RE=0.30,0.00	G=3,1000,200,200	NSL=3,8,0,0
440,354	M=5	LP=2,0	RE=0.30,0.00	G=3,1000,200,200	NSL=3,8,0,0
451,355	M=5	LP=2,0	RE=0.30,0.00	G=3,1000,200,200	NSL=3,8,0,0
465,356	M=5	LP=2,0	RE=0.30,0.00	G=3,1000,200,200	NSL=9,6,0,0
361,414	M=5	LP=2,0	RE=0.00,0.30	G=3,1000,200,200	NSL=9,6,0,0
362,428	M=5	LP=2,0	RE=0.00,0.30	G=3,1000,200,200	NSL=3,8,0,0
363,439	M=5	LP=2,0	RE=0.00,0.30	G=3,1000,200,200	NSL=3,8,0,0
364,450	M=5	LP=2,0	RE=0.00,0.30	G=3,1000,200,200	NSL=3,8,0,0
365,464	M=5	LP=2,0	RE=0.00,0.30	G=3,1000,200,200	NSL=3,8,0,0
366,478	M=5	LP=2,0	RE=0.00,0.30	G=3,1000,200,200	NSL=9,6,0,0
511,601	M=5	LP=3,0	RE=0.00,0.30	G=13,1,1,1	NSL=0,0,0,47
665,531	M=5	LP=3,0	RE=0.30,0.00	G=4,1,1,1	NSL=0,0,0,52
673,539	M=5	LP=3,0	RE=0.30,0.00	G=5,1,1,1	NSL=0,0,0,52
711,801	M=5	LP=3,0	RE=0.00,0.30	G=13,1,1,1	NSL=0,0,0,47
865,731	M=5	LP=3,0	RE=0.30,0.00	G=4,1,1,1	NSL=0,0,0,52
873,739	M=5	LP=3,0	RE=0.30,0.00	G=5,1,1,1	NSL=0,0,0,52
911,1001	M=5	LP=3,0	RE=0.00,0.30	G=13,1,1,1	NSL=0,0,0,47
1065,931	M=5	LP=3,0	RE=0.30,0.00	G=4,1,1,1	NSL=0,0,0,52
1073,939	M=5	LP=3,0	RE=0.30,0.00	G=5,1,1,1	NSL=0,0,0,52
1111,1201	M=5	LP=3,0	RE=0.00,0.30	G=13,1,1,1	NSL=0,0,0,47
1271,1131	M=5	LP=3,0	RE=0.30,0.00	G=4,1,1,1	NSL=0,0,0,52
1276,1136	M=5	LP=3,0	RE=0.30,0.00	G=2,1,1,1	NSL=12,0,0,52
1279,1139	M=5	LP=3,0	RE=0.30,0.00	G=5,1,1,1	NSL=0,0,0,52
1201,1151	M=5	LP=2,0	RE=0.30,0.00	G=2,1000,200,200	NSL=9,6,0,0
1215,1152	M=5	LP=2,0	RE=0.30,0.00	G=3,1,14,1	NSL=7,8,0,0



1271,1156	M=5	LP=2,0	RE=0.00,0.30	G=2,1000,200,200	NSL=9,6,0,0
1161,1214	M=5	LP=2,0	RE=0.00,0.30	G=2,1000,200,200	NSL=9,6,0,0
1162,1228	M=5	LP=2,0	RE=0.00,0.30	G=3,1,1,14	NSL=7,8,0,0
1166,1284	M=5	LP=2,0	RE=0.00,0.30	G=2,1000,200,200	NSL=9,6,0,0
1311,1401	M=5	LP=3,0	RE=0.00,0.25	G=13,1,1,1	NSL=0,0,0,47
1471,1331	M=5	LP=3,0	RE=0.25,0.00	G=4,1,1,1	NSL=0,0,0,52
1476,1336	M=5	LP=3,0	RE=0.25,0.00	G=2,1,1,1	NSL=12,0,0,52
1479,1339	M=5	LP=3,0	RE=0.25,0.00	G=5,1,1,1	NSL=0,0,0,52
1415,1352	M=5	LP=2,0	RE=0.25,0.00	G=3,1,14,1	NSL=7,8,0,0
1362,1428	M=5	LP=2,0	RE=0.00,0.25	G=3,1,1,14	NSL=7,8,0,0
1511,1601	M=5	LP=3,0	RE=0.00,0.25	G=13,1,1,1	NSL=0,0,0,47
1671,1531	M=5	LP=3,0	RE=0.25,0.00	G=4,1,1,1	NSL=0,0,0,52
1676,1536	M=5	LP=3,0	RE=0.25,0.00	G=2,1,1,1	NSL=10,0,0,52
1679,1539	M=5	LP=3,0	RE=0.25,0.00	G=5,1,1,1	NSL=0,0,0,52
1615,1552	M=5	LP=2,0	RE=0.25,0.00	G=3,1,14,1	NSL=7,8,0,0
1562,1628	M=5	LP=2,0	RE=0.00,0.25	G=3,1,1,14	NSL=7,8,0,0

DS

BAN MATI

2257,14	L=1	F=0,0,-2.626	: KOLOM MELINTANG
2270,14	L=1	F=0,0,-2.626	: KOLOM MELINTANG
2214,13	L=1	F=0,0,-0.622	: KOLOM MEMANJANG TEPI
2284,13	L=1	F=0,0,-0.622	: KOLOM MEMANJANG TEPI
2213,1	L=1	F=0,0,-11.999	: KOLOM MEMANJANG TENGAH-1
2279,1	L=1	F=0,0,-11.999	: KOLOM MEMANJANG TENGAH-1
2283,1	L=1	F=0,0,-11.999	: KOLOM MEMANJANG TENGAH-1
2467,1	L=1	F=0,0,-11.490	: KOLOM MEMANJANG TENGAH-2
156,5	L=1	F=0,0,-2.200	: BALOK TEPI MELINTANG TEPI Lt. 1
155,1	L=1	F=0,0,-4.401	: BALOK TEPI MELINTANG TENGAH Lt. 1
166,5	L=1	F=0,0,-2.200	: BALOK TEPI MELINTANG TEPI Lt. 1
165,1	L=1	F=0,0,-4.401	: BALOK TEPI MELINTANG TENGAH Lt. 1
951,200	L=1	F=0,0,-2.136	: BALOK TEPI MELINTANG TEPI Lt. 2-5
952,200	L=1	F=0,0,-4.273	: BALOK TEPI MELINTANG TENGAH Lt. 2-5
953,200	L=1	F=0,0,-4.273	: BALOK TEPI MELINTANG TENGAH Lt. 2-5
954,200	L=1	F=0,0,-4.273	: BALOK TEPI MELINTANG TENGAH Lt. 2-5
955,200	L=1	F=0,0,-4.273	: BALOK TEPI MELINTANG TENGAH Lt. 2-5
956,200	L=1	F=0,0,-2.136	: BALOK TEPI MELINTANG TEPI Lt. 2-5
961,200	L=1	F=0,0,-2.136	: BALOK TEPI MELINTANG TEPI Lt. 2-5
962,200	L=1	F=0,0,-4.273	: BALOK TEPI MELINTANG TENGAH Lt. 2-5



963,200	L=1	F=0,0,-4.273	: BALOK TEPI MELINTANG TENGAH Lt. 2-5
964,200	L=1	F=0,0,-4.273	: BALOK TEPI MELINTANG TENGAH Lt. 2-5
965,200	L=1	F=0,0,-4.273	: BALOK TEPI MELINTANG TENGAH Lt. 2-5
966,200	L=1	F=0,0,-2.136	: BALOK TEPI MELINTANG TEPI Lt. 2-5
1156,5	L=1	F=0,0,-5.429	: BALOK TEPI MELINTANG TEPI Lt. 6
1166,5	L=1	F=0,0,-5.429	: BALOK TEPI MELINTANG TEPI Lt. 6
1155,1	L=1	F=0,0,-10.859	: BALOK TEPI MELINTANG TENGAH Lt. 6
1165,1	L=1	F=0,0,-10.859	: BALOK TEPI MELINTANG TENGAH Lt. 6
1356,5	L=1	F=0,0,-5.429	: BALOK TEPI MELINTANG TEPI Lt. 7
1366,5	L=1	F=0,0,-5.429	: BALOK TEPI MELINTANG TEPI Lt. 7
1355,1	L=1	F=0,0,-10.859	: BALOK TEPI MELINTANG TENGAH Lt. 7
1365,1	L=1	F=0,0,-10.859	: BALOK TEPI MELINTANG TENGAH Lt. 7
1556,5	L=1	F=0,0,-5.429	: BALOK TEPI MELINTANG TEPI Lt. 8
1566,5	L=1	F=0,0,-5.429	: BALOK TEPI MELINTANG TEPI Lt. 8
1555,1	L=1	F=0,0,-10.859	: BALOK TEPI MELINTANG TENGAH Lt. 8
1565,1	L=1	F=0,0,-10.859	: BALOK TEPI MELINTANG TENGAH Lt. 8
124,13	L=1	F=0,0,-2.929	: BALOK TEPI MEMANJANG TEPI Lt. 1
144,13	L=1	F=0,0,-2.929	: BALOK TEPI MEMANJANG TEPI Lt. 1
1111,200	L=1	F=0,0,-2.885	: BALOK TEPI MEMANJANG TEPI Lt. 2-5
1124,200	L=1	F=0,0,-2.885	: BALOK TEPI MEMANJANG TEPI Lt. 2-5
1131,200	L=1	F=0,0,-2.885	: BALOK TEPI MEMANJANG TEPI Lt. 2-5
1144,200	L=1	F=0,0,-2.885	: BALOK TEPI MEMANJANG TEPI Lt. 2-5
1511,200	L=1	F=0,0,-5.629	: BALOK TEPI MEMANJANG TEPI Lt. 6-8
1524,200	L=1	F=0,0,-5.629	: BALOK TEPI MEMANJANG TEPI Lt. 6-8
1531,200	L=1	F=0,0,-5.629	: BALOK TEPI MEMANJANG TEPI Lt. 6-8
1544,200	L=1	F=0,0,-5.629	: BALOK TEPI MEMANJANG TEPI Lt. 6-8
123,1	L=1	F=0,0,-5.859	: BALOK TEPI MEMANJANG TENGAH Lt. 1
135,1	L=1	F=0,0,-5.859	: BALOK TEPI MEMANJANG TENGAH Lt. 1
936,200	L=1	F=0,0,-2.929	: BALOK TEPI MEMANJANG TENGAH Lt. 1-5
938,200	L=1	F=0,0,-2.929	: BALOK TEPI MEMANJANG TENGAH Lt. 1-5
143,1	L=1	F=0,0,-5.859	: BALOK TEPI MEMANJANG TENGAH Lt. 1
323,1	L=1	F=0,0,-5.769	: BALOK TEPI MEMANJANG TENGAH Lt. 2
335,1	L=1	F=0,0,-5.769	: BALOK TEPI MEMANJANG TENGAH Lt. 2
343,1	L=1	F=0,0,-5.769	: BALOK TEPI MEMANJANG TENGAH Lt. 2
523,1	L=1	F=0,0,-5.769	: BALOK TEPI MEMANJANG TENGAH Lt. 3
535,1	L=1	F=0,0,-5.769	: BALOK TEPI MEMANJANG TENGAH Lt. 3
543,1	L=1	F=0,0,-5.769	: BALOK TEPI MEMANJANG TENGAH Lt. 3
723,1	L=1	F=0,0,-5.769	: BALOK TEPI MEMANJANG TENGAH Lt. 4
735,1	L=1	F=0,0,-5.769	: BALOK TEPI MEMANJANG TENGAH Lt. 4
743,1	L=1	F=0,0,-5.769	: BALOK TEPI MEMANJANG TENGAH Lt. 4

123,1	L=1	F=0,0,-5.769	: BALOK TEPI MEMANJANG TENGAH Lt. 5
135,1	L=1	F=0,0,-5.769	: BALOK TEPI MEMANJANG TENGAH Lt. 5
143,1	L=1	F=0,0,-5.769	: BALOK TEPI MEMANJANG TENGAH Lt. 5
1123,1	L=1	F=0,0,-10.995	: BALOK TEPI MEMANJANG TENGAH Lt. 6
1135,1	L=1	F=0,0,-10.995	: BALOK TEPI MEMANJANG TENGAH Lt. 6
1536,200	L=1	F=0,0,-5.498	: BALOK TEPI MEMANJANG TENGAH Lt. 6
1538,200	L=1	F=0,0,-5.498	: BALOK TEPI MEMANJANG TENGAH Lt. 6
1143,1	L=1	F=0,0,-11.259	: BALOK TEPI MEMANJANG TENGAH Lt. 6
1323,1	L=1	F=0,0,-11.259	: BALOK TEPI MEMANJANG TENGAH Lt. 7
1335,1	L=1	F=0,0,-11.259	: BALOK TEPI MEMANJANG TENGAH Lt. 7
1343,1	L=1	F=0,0,-11.259	: BALOK TEPI MEMANJANG TENGAH Lt. 7
1523,1	L=1	F=0,0,-11.259	: BALOK TEPI MEMANJANG TENGAH Lt. 8
1535,1	L=1	F=0,0,-11.259	: BALOK TEPI MEMANJANG TENGAH Lt. 8
1543,1	L=1	F=0,0,-11.259	: BALOK TEPI MEMANJANG TENGAH Lt. 8
901,200	L=1	F=0,0,-6.188	: BALOK KANTILEVER DALAM
902,200	L=1	F=0,0,-6.188	: BALOK KANTILEVER DALAM
903,200	L=1	F=0,0,-6.188	: BALOK KANTILEVER DALAM
904,200	L=1	F=0,0,-6.188	: BALOK KANTILEVER DALAM
905,200	L=1	F=0,0,-6.188	: BALOK KANTILEVER DALAM
906,200	L=1	F=0,0,-6.188	: BALOK KANTILEVER DALAM
1081,200	L=1	F=0,0,-6.188	: BALOK RAMP
1084,200	L=1	F=0,0,-6.188	: BALOK RAMP
1085,200	L=1	F=0,0,-6.188	: BALOK RAMP
1088,200	L=1	F=0,0,-6.188	: BALOK RAMP
1089,200	L=1	F=0,0,-6.188	: BALOK RAMP
1092,200	L=1	F=0,0,-6.188	: BALOK RAMP
12511,10	L=1	F=0,0,-9.622	: BALOK MELINTANG PENYANGGA TANGGA UTAMA + 1/2 REAKSI BALOK ANAK
12512,10	L=1	F=0,0,-9.622	: BALOK MELINTANG PENYANGGA TANGGA UTAMA + 1/2 REAKSI BALOK ANAK
BAN HIDUP			
2257,14	L=2	F=0,0,-0.798	: KOLOM MELINTANG
2270,14	L=2	F=0,0,-0.798	: KOLOM MELINTANG
2214,13	L=2	F=0,0,-0.266	: KOLOM MEMANJANG TEPI
2284,13	L=2	F=0,0,-0.266	: KOLOM MEMANJANG TEPI
2213,1	L=2	F=0,0,-2.791	: KOLOM MEMANJANG TENGAH-1
2279,1	L=2	F=0,0,-2.791	: KOLOM MEMANJANG TENGAH-1
2283,1	L=2	F=0,0,-2.791	: KOLOM MEMANJANG TENGAH-1
2467,1	L=2	F=0,0,-2.747	: KOLOM MEMANJANG TENGAH-2
155,5	L=2	F=0,0,-2.550	: BALOK TEPI MELINTANG TEPI Lt. 1
155,1	L=2	F=0,0,-5.100	: BALOK TEPI MELINTANG TENGAH Lt. 1
166,5	L=2	F=0,0,-2.550	: BALOK TEPI MELINTANG TEPI Lt. 1



65,1	L=2	F=0,0,-5.100	: BALOK TEPI MELINTANG TENGAH Lt. 1
551,200	L=2	F=0,0,-1.275	: BALOK TEPI MELINTANG TEPI Lt. 2-8
552,200	L=2	F=0,0,-2.550	: BALOK TEPI MELINTANG TENGAH Lt. 2-8
553,200	L=2	F=0,0,-2.550	: BALOK TEPI MELINTANG TENGAH Lt. 2-8
554,200	L=2	F=0,0,-2.550	: BALOK TEPI MELINTANG TENGAH Lt. 2-8
555,200	L=2	F=0,0,-2.550	: BALOK TEPI MELINTANG TENGAH Lt. 2-8
556,200	L=2	F=0,0,-1.275	: BALOK TEPI MELINTANG TEPI Lt. 2-8
561,200	L=2	F=0,0,-1.275	: BALOK TEPI MELINTANG TEPI Lt. 2-8
562,200	L=2	F=0,0,-2.550	: BALOK TEPI MELINTANG TENGAH Lt. 2-8
563,200	L=2	F=0,0,-2.550	: BALOK TEPI MELINTANG TENGAH Lt. 2-8
564,200	L=2	F=0,0,-2.550	: BALOK TEPI MELINTANG TENGAH Lt. 2-8
565,200	L=2	F=0,0,-2.550	: BALOK TEPI MELINTANG TENGAH Lt. 2-8
566,200	L=2	F=0,0,-1.275	: BALOK TEPI MELINTANG TEPI Lt. 2-8
24,13	L=2	F=0,0,-4.896	: BALOK TEPI MEMANJANG TEPI Lt. 1
44,13	L=2	F=0,0,-4.896	: BALOK TEPI MEMANJANG TEPI Lt. 1
511,200	L=2	F=0,0,-2.448	: BALOK TEPI MEMANJANG TEPI Lt. 2-8
524,200	L=2	F=0,0,-2.448	: BALOK TEPI MEMANJANG TEPI Lt. 2-8
531,200	L=2	F=0,0,-2.488	: BALOK TEPI MEMANJANG TEPI Lt. 2-8
544,200	L=2	F=0,0,-2.488	: BALOK TEPI MEMANJANG TEPI Lt. 2-8
123,1	L=2	F=0,0,-9.792	: BALOK TEPI MEMANJANG TENGAH Lt. 1
135,1	L=2	F=0,0,-9.792	: BALOK TEPI MEMANJANG TENGAH Lt. 1
936,200	L=2	F=0,0,-4.896	: BALOK TEPI MEMANJANG TENGAH Lt. 1-5
938,200	L=2	F=0,0,-4.896	: BALOK TEPI MEMANJANG TENGAH Lt. 1-5
143,1	L=2	F=0,0,-9.792	: BALOK TEPI MEMANJANG TENGAH Lt. 1
323,1	L=2	F=0,0,-4.896	: BALOK TEPI MEMANJANG TENGAH Lt. 2
335,1	L=2	F=0,0,-4.896	: BALOK TEPI MEMANJANG TENGAH Lt. 2
343,1	L=2	F=0,0,-4.896	: BALOK TEPI MEMANJANG TENGAH Lt. 2
523,1	L=2	F=0,0,-4.896	: BALOK TEPI MEMANJANG TENGAH Lt. 3
535,1	L=2	F=0,0,-4.896	: BALOK TEPI MEMANJANG TENGAH Lt. 3
543,1	L=2	F=0,0,-4.896	: BALOK TEPI MEMANJANG TENGAH Lt. 3
723,1	L=2	F=0,0,-4.896	: BALOK TEPI MEMANJANG TENGAH Lt. 4
735,1	L=2	F=0,0,-4.896	: BALOK TEPI MEMANJANG TENGAH Lt. 4
743,1	L=2	F=0,0,-4.896	: BALOK TEPI MEMANJANG TENGAH Lt. 4
923,1	L=2	F=0,0,-4.896	: BALOK TEPI MEMANJANG TENGAH Lt. 5
935,1	L=2	F=0,0,-4.896	: BALOK TEPI MEMANJANG TENGAH Lt. 5
943,1	L=2	F=0,0,-4.896	: BALOK TEPI MEMANJANG TENGAH Lt. 5
1123,1	L=2	F=0,0,-4.896	: BALOK TEPI MEMANJANG TENGAH Lt. 6
1135,1	L=2	F=0,0,-4.896	: BALOK TEPI MEMANJANG TENGAH Lt. 6
1536,200	L=2	F=0,0,-2.448	: BALOK TEPI MEMANJANG TENGAH Lt. 6



1538,200	L=2	F=0,0,-2.448	: BALOK TEPI MEMANJANG TENGAH Lt. 6
1143,1	L=2	F=0,0,-4.896	: BALOK TEPI MEMANJANG TENGAH Lt. 6
1323,1	L=2	F=0,0,-4.896	: BALOK TEPI MEMANJANG TENGAH Lt. 7
1335,1	L=2	F=0,0,-4.896	: BALOK TEPI MEMANJANG TENGAH Lt. 7
1343,1	L=2	F=0,0,-4.896	: BALOK TEPI MEMANJANG TENGAH Lt. 7
1523,1	L=2	F=0,0,-4.896	: BALOK TEPI MEMANJANG TENGAH Lt. 8
1535,1	L=2	F=0,0,-4.896	: BALOK TEPI MEMANJANG TENGAH Lt. 8
1543,1	L=2	F=0,0,-4.896	: BALOK TEPI MEMANJANG TENGAH Lt. 8
901,200	L=2	F=0,0,-5.472	: BALOK KANTILEVER DALAM
902,200	L=2	F=0,0,-5.472	: BALOK KANTILEVER DALAM
903,200	L=2	F=0,0,-5.472	: BALOK KANTILEVER DALAM
904,200	L=2	F=0,0,-5.472	: BALOK KANTILEVER DALAM
905,200	L=2	F=0,0,-5.472	: BALOK KANTILEVER DALAM
906,200	L=2	F=0,0,-5.472	: BALOK KANTILEVER DALAM
1081,200	L=2	F=0,0,-5.472	: BALOK RAMP
1084,200	L=2	F=0,0,-5.472	: BALOK RAMP
1085,200	L=2	F=0,0,-5.472	: BALOK RAMP
1088,200	L=2	F=0,0,-5.472	: BALOK RAMP
1089,200	L=2	F=0,0,-5.472	: BALOK RAMP
1092,200	L=2	F=0,0,-5.472	: BALOK RAMP
2511,10	L=2	F=0,0,-7.920	: BALOK MELINTANG PENYANGGA TANGGA UTAMA
2512,10	L=2	F=0,0,-7.920	: BALOK MELINTANG PENYANGGA TANGGA UTAMA

#### BAN ANGIN

2257,14	L=3	F=0,0,0.692	: KOLOM MELINTANG
2270,14	L=3	F=0,0,0.692	: KOLOM MELINTANG
2214,13	L=3	F=0,0,0.297	: KOLOM MEMANJANG TEPI
2284,13	L=3	F=0,0,0.297	: KOLOM MEMANJANG TEPI
2213,1	L=3	F=0,0,2.120	: KOLOM MEMANJANG TENGAH-1
2279,1	L=3	F=0,0,2.120	: KOLOM MEMANJANG TENGAH-1
2283,1	L=3	F=0,0,2.120	: KOLOM MEMANJANG TENGAH-1
2467,1	L=3	F=0,0,2.187	: KOLOM MEMANJANG TENGAH-2

#### BAN GEMPA

L=5	F=0,7.756,0,0,0,37.700
L=5	F=0,12.870,0,0,0,62.559
L=5	F=0,19.305,0,0,0,93.838
L=5	F=0,25.740,0,0,0,125.117
L=5	F=0,32.096,0,0,0,156.010
L=5	F=0,45.651,0,0,0,228.067

L=5 F=0,58.332,0,0,0,291.419  
L=5 F=0,71.013,0,0,0,354.771  
L=5 F=0,14.993,0,0,0,77.157

1BO

C=1.0,1.0,1.0,1.0,0.0  
C=1.0,1.0,1.0,1.0,2.8  
C=1.4,0.0,0.0,1.0,0.0  
C=1.2,1.6,0.0,1.0,0.0  
C=1.2,0.5,0.0,1.0,0.0  
C=1.2,0.5,1.3,1.0,0.0  
C=1.2,0.5,0.0,1.0,2.8  
C=0.9,0.0,0.0,1.0,-2.8  
C=1.2,0.5,0.0,0.0,0.0

*Printed in*

*Senin, ১৮ Rabiul Awal ১৪২১ H*

*Monday, June 18, 2001 M*

Tabel L-1  
PUSAT MASSA  
UNTUK BEBAN MATI BANGUNAN

No.	Data material	Profil	q	
1	Balok tepi melintang dan memanjang Lt. 2 - 5	WF 300.200.8.12	56,8	
2	Balok tepi melintang dan memanjang Lt. 1, 6 - 8	WF 350.250.8.12	69,2	
3	Balok anak memanjang Lt. 1	WF 500.200.10.16	89,7	
4	Balok anak memanjang Lt. 2 - 5	WF 350.250.8.12	69,2	
5	Balok anak memanjang Lt. 6 - 8	WF 350.250.9.14	79,7	
6	Balok utama melintang dan memanjang Lt. 1	WF 500.200.10.16	89,7	
7	Balok utama melintang dan memanjang Lt. 2 - 8	WF 500.200.10.16	89,7	
8	Balok utama melintang dan memanjang Lt. 9	WF 300.200.8.12	56,8	
9	Balok tepi kantilever dalam dan trem Lt. 1 - 5	WF 300.200.8.12	56,8	
10	Kolom lift pinggir Lt. Dasar - 9	Baja Profil	K 250.125	59,2
		Beton	300 x 300	216
11	Kolom Lt. Dasar - 5	Baja Profil	K 500.200	179,3
		Beton	550 x 550	726
12	Kolom Lt. 6 - 8	Baja Profil	K 400.200	132
		Beton	450 x 450	486
13	Kolom Lt. 9	Baja Profil	K 200.100	42,6
		Beton	250 x 250	150

Nama Elemen		As	Berat ( $W_d$ ) (kg)	Titik Berat		$W_d \cdot X$ (kg-m)	$W_d \cdot Y$ (kg-m)
				X (m)	Y (m)		
LANTAI 1							
Kolom		1	2476,80	46,60	44,30	115418,88	109722,24
		2 - 12	228145,68	50,20	22,15	11452913,14	5053426,81
		6 - 8	-16296,12	25,00	11,08	-407403,00	0,00
B. Anak	Mmj	1, 13	13895,36	50,20	22,15	697547,07	307782,22
		3 - 11	45029,40	50,20	22,15	2260475,88	997401,21
		7	-2583,36	25,00	22,15	-64584,00	-57221,42
	Mlt	A	3065,56	0,00	22,15	0,00	67902,15
		P	3065,56	100,40	22,15	307782,224	67902,15
B. Utama	Mmj	2 - 12	54035,28	50,20	22,15	2712571,06	1196881,45
		6 - 8	-5166,72	25,00	22,15	-129168,00	-114442,85
	Mlt	B - O	55631,94	50,20	22,15	2792723,39	1232247,47
		D - F	-4036,50	25,00	22,15	-100912,50	-89408,48
Trem		Kolom	16296,12	25,00	22,15	407403,00	360959,06
		Balok	15134,80	25,00	22,15	378370,00	335235,82



Nama Elemen	As	Berat ( $W_d$ ) (kg)	Titik Berat		$W_d * X$ (kg-m)	$W_d * Y$ (kg-m)
			X (m)	Y (m)		
Dinding	1, 13	50200,00	50,20	22,15	2520040,00	1111930,00
	A, P	22150,00	50,20	22,15	1111930,00	490622,50
	Lift	9000,00	46,60	44,30	419400,00	398700,00
Pelat Lantai	Pelat	1293897,90	50,20	22,15	64953674,60	28659838,50
		-13451,80	50,20	22,15	-675280,35	-297957,37
		-14243,08	42,60	46,60	-606755,30	-663727,63
		-125674,25	25,00	22,15	-3141856,35	-2783684,73
	Trem	136147,11	25,00	22,15	3403677,71	3015658,45
Total		1766719,67			88407967,45	39399767,58
Pusat massa (m)					50,041	22,301
LANTAI 2 - 5						
Kolom	1	2476,80	46,60	44,30	115418,88	109722,24
	2 - 12	228145,68	50,20	22,15	11452913,14	5053426,81
	6 - 8	-16296,12	25,00	11,08	-407403,00	0,00
B. Anak	Mm]	1, 13	11405,44	50,20	572553,09	252630,50
		3 - 11	34738,40	50,20	1743867,68	769455,56
		7	-1992,96	25,00	-49824,00	-44144,06
	Mlt	A	2516,24	0,00	0,00	55734,72
		P	2516,24	100,40	252630,496	55734,72
B. Utama	Mm]	2 - 12	54035,28	50,20	2712571,06	1196881,45
		6 - 8	-5166,72	25,00	-129168,00	-114442,85
	Mlt	B - O	55631,94	50,20	2792723,39	1232247,47
		D - F	-4036,50	25,00	-100912,50	-89408,48
Trem	Kolom	16296,12	25,00	22,15	407403,00	360959,06
	Balok	14540,30	25,00	22,15	363507,50	322067,65
Dinding	1, 13	50200,00	50,20	22,15	2520040,00	1111930,00
	A, P	22150,00	50,20	22,15	1111930,00	490622,50
	Lift	9000,00	46,60	44,30	419400,00	398700,00
Pelat Lantai	Pelat	1293897,90	50,20	22,15	64953674,60	28659838,50
		-13451,80	50,20	22,15	-675280,35	-297957,37
		-14243,08	42,60	46,60	-606755,30	-663727,63
		-125674,25	25,00	22,15	-3141856,35	-2783684,73
	Trem	136147,11	25,00	22,15	3403677,71	3015658,45
Total		1752836,01			87711111,04	39092244,51
Pusat massa (m)					50,040	22,302



Nama Elemen		As	Berat ( $W_d$ ) (kg)	Titik Berat		$W_d \cdot X$ (kg-m)	$W_d \cdot Y$ (kg-m)
				X (m)	Y (m)		
LANTAI 6 - 8							
Kolom		1	4128,00	46,60	44,30	192364,80	182870,40
		2 - 12	259560,00	50,20	22,15	13029912,00	5749254,00
B. Anak	Mm]	1, 13	13895,36	50,20	22,15	697547,07	307782,22
		3 - 11	40009,40	50,20	22,15	2008471,88	886208,21
	Mlt	A	3065,56	0,00	22,15	0,00	67902,15
		P	3065,56	100,40	22,15	307782,22	67902,15
B. Utama	Mm]	2 - 6	27017,64	50,20	22,15	1356285,53	598440,73
		8 - 12	27017,64	50,20	22,15	1356285,53	598440,73
	Mlt	B - H	27815,97	50,20	22,15	1396361,69	616123,74
		H - O	27815,97	50,20	22,15	1396361,69	616123,74
Dinding		1, 13	150600,00	50,20	22,15	7560120,00	3335790,00
		A, P	66450,00	50,20	22,15	3335790,00	1471867,50
		Partisi	247320,00	50,20	22,15	12415464,00	5478138,00
		Lift	9000,00	46,60	44,30	419400,00	398700,00
Pelat Lantai		Pelat	1293897,90	50,20	22,15	64953674,60	28659838,50
			-13451,80	50,20	22,15	-675280,35	-297957,37
			-14243,08	42,60	46,60	-606755,30	-663727,63
			-15709,28	57,40	22,15	-901712,77	-347960,59
Total			2157254,84			108242072,60	47725736,48
Pusat massa (m)						50,176	22,123
LANTAI 9							
Kolom		1	1926,72	46,60	44,30	89785,15	85353,70
		2, 12	38828,16	50,20	22,15	1949173,63	860043,74
		A, P	14213,88	50,20	22,15	713536,78	314837,44
		K, L	3852,00	71,80	33,40	276573,60	128656,80
		K, L	1078,56	71,80	40,90	77440,61	44113,10
Balok Utama	Mm]	2, 12	34216,32	50,20	22,15	1717659,26	757891,49
		1	2453,76	46,60	44,30	114345,22	108701,57
		2	408,96	71,80	40,90	29363,33	16726,46
		4	817,92	71,80	33,40	58726,66	27318,53
	Mltg	B, O	11076,00	50,20	22,15	556015,20	245333,40
		G - I	1738,08	46,60	42,60	80994,53	74042,21
		K - L	1704,00	46,60	37,15	79406,40	63303,60
Dinding		1, 13	326300,00	50,20	22,15	16380260,00	7227545,00
		A, P	143975,00	50,20	22,15	7227545,00	3189046,25
		Partisi	247320,00	50,20	22,15	12415464,00	5478138,00
Total			829909,36			41766289,36	18621051,29
Pusat massa (m)						50,326	22,437

Tabel L-2

## PERHITUNGAN PUSAT MASSA DAN MOMEN INERSIA MASSA

Beban Mati			Beban Hidup			Beban Total			$M_x = M_y^{**}$	Pusat Massa		$A_{\text{lantai}}$	$I_x^{***}$	$I_y^{***}$	MMI ****
$W_d$	$W_{dk}$	$W_{dy}$	$W_l$	$W_{lk}$	$W_{ly}$	$W_t^*$	$W_{tk}$	$W_{ty}$							
(ton)	(t-m)	(t-m)	(t)	(t-m)	(t-m)	(ton)	(t-m)	(t-m)	( $\text{tdt}^2/\text{m}$ )	X (m)	Y (m)	( $\text{m}^2$ )	( $\text{m}^4$ )	( $\text{m}^4$ )	( $\text{tm-dt}^3$ )
766,72	88407,97	39399,77	3482,02	174242,67	77652,74	2637,22	131968,64	58812,95	268,830	50,041	22,301	4352,5	2562691,19	411427,48	183694
752,84	87711,11	39092,24	1741,01	87119,24	38828,45	2188,09	109490,92	48799,36	223,047	50,040	22,302	4352,5	2562692,86	411429,06	152410
752,84	87711,11	39092,24	1741,01	87119,24	38828,45	2188,09	109490,92	48799,36	223,047	50,040	22,302	4352,5	2562692,86	411429,06	152410
752,84	87711,11	39092,24	1741,01	87119,24	38828,45	2188,09	109490,92	48799,36	223,047	50,040	22,302	4352,5	2562692,86	411429,06	152410
752,84	87711,11	39092,24	1719,41	86038,39	38346,72	2182,69	109220,71	48678,93	222,496	50,040	22,302	4298,5	2562691,47	411427,81	153944
157,25	108242,07	47725,74	1719,41	86272,74	38039,09	2587,11	129810,26	57235,51	263,721	50,176	22,123	4298,5	2562583,31	411331,17	182455
157,25	108242,07	47725,74	1719,41	86272,74	38039,09	2587,11	129810,26	57235,51	263,721	50,176	22,123	4298,5	2562583,31	411331,17	182455
157,25	108242,07	47725,74	1719,41	86272,74	38039,09	2587,11	129810,26	57235,51	263,721	50,176	22,123	4298,5	2562583,31	411331,17	182455
429,91	41766,29	18621,05	0,00	0,00	0,00	829,91	41766,29	18621,05	84,598	50,326	22,437	4344,8	2562650,14	411687,13	57914

$$W_t = W_d + 0,25W_h \text{ (LRFD)}$$

Massa bangunan ( $W/9,81 \text{ m/det}^2$ )

$I_x$  dan  $I_y$  merupakan inersia bangunan

$$MMI = (M(I_x + I_y))/A$$



Tabel L-3

## PERHITUNGAN GAYA GESER GEMPA DASAR METODE LRFD

Mati Total ( $W_{dt}$ )	=	160797376 N
Hidup Total ( $W_{ht}$ )	=	152866012,3 N
u getar alami (T)	=	1,339265704 detik
sien Gempa Dasar (C)	=	0,02161
r keutamaan (I)	=	1
n rangka bangunan	=	Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa (SRPMB)
r modifikasi respons (R)	=	4,5
dasar maksimum	=	2389272,181 N

Lantai	Tinggi (m)	$W_{dt}$ (Ton)	$W_{ht}$ (Ton)	$W_t$ (Ton)	$W_t \cdot h$	Gaya Geser (F)		Eksentrisitas (m)			Momen Puntir *	
						(N)	(Ton)	$e_c$	$e_{d1}$	$e_{d2}$	$M_{ed1}$	$M_{ed2}$
3	3	1766,72	870,50	2637,22	7912	58569,497	5,970	0,159	5,259	-4,861	31,398	-29,021
6	6	1752,84	435,25	2188,09	13129	97189,491	9,907	0,159	5,259	-4,861	52,101	-48,156
9	9	1752,84	435,25	2188,09	19693	145784,237	14,861	0,159	5,259	-4,861	78,151	-72,234
12	12	1752,84	435,25	2188,09	26257	194378,983	19,814	0,159	5,259	-4,861	104,201	-96,313
15	15	1752,84	429,85	2182,69	32740	242374,092	24,707	0,159	5,259	-4,861	129,930	-120,094
18	18	2157,25	429,85	2587,11	46568	344738,781	35,142	0,024	5,056	-4,996	177,684	-175,562
23	23	2157,25	429,85	2587,11	59503	440499,553	44,903	0,024	5,056	-4,996	227,041	-224,329
28	28	2157,25	429,85	2587,11	72439	536260,326	54,665	0,024	5,056	-4,996	276,398	-273,096
35,2	35,2	829,91	434,48	1264,39	44506	329477,221	33,586	-0,126	4,831	-5,146	162,237	-172,844
Total					322747	2389272,181	243,55476					

$$e_{d1} = 1,5 e_c + 0,05b$$

$$e_{d2} = e_c - 0,05b$$

Eksentrisitas bernilai negatif berarti  $e$  terletak di sebelah kanan titik pusat (untuk arah-x), sedang untuk arah-y berarti di sebelah atas (dari gambar tampak atas)

Momen puntir adalah momen akibat eksentrisitas bangunan  $= F \cdot e$

Tabel L-4

## KONTROL SIMPANGAN DAN WAKTU GETAR ALAMI PADA BANGUNAN

(Berdasarkan momen puntir  $M_{ed2}$  kombinasi 8)

= 1,33927 detik

Master Joint	Tinggi Lantai (cm)	Simpangan Total (m)	Simpangan Lantai Relatif (m)	$\Delta M$ (cm)	Simpangan Ijin (cm)	Berat			F (kg)	$W_t \cdot d^2$ (kgm <sup>2</sup> )	$F_t \cdot d$ (kgm)
						$W_d$ (kg)	$W_l$ (kg)	$W_t$ (kg)			
		0									
3001	300	-0,002498	-0,002498	-0,78687	6,0	1766719,67	3482016,00	5248735,67	5970,39	3249830,26	-4697,92
3002	300	-0,007169	-0,004671	-1,47137	6,0	1752836,01	1741008,00	3493844,01	9907,19	7563875,18	-14577,09
3003	300	-0,012530	-0,005361	-1,68872	6,0	1752836,01	1741008,00	3493844,01	14860,78	9963598,84	-25095,62
3004	300	-0,017936	-0,005406	-1,70289	6,0	1752836,01	1741008,00	3493844,01	19814,37	10131568,89	-33741,69
3005	300	-0,023113	-0,005177	-1,63076	6,0	1752836,01	1719408,00	3472244,01	24706,84	9233953,33	-40290,80
3006	300	-0,028012	-0,004899	-1,54319	6,0	2157254,84	1719408,00	3876662,84	35141,57	9231962,20	-54229,94
3007	500	-0,035747	-0,007735	-2,43653	10,0	2157254,84	1719408,00	3876662,84	44903,11	23014406,23	-109407,56
3008	500	-0,038988	-0,003241	-1,02092	10,0	2157254,84	1719408,00	3876662,84	54664,66	4040519,44	-55807,97
3009	720	-0,039676	-0,000688	-0,21672	14,4	829909,36	0,00	829909,36	33585,85	38978,82	-7278,73
									243554,76	76468693,19	-345127,32
									$T_{aktual} =$	0,94680	detik
									$T_{aktual} < 80\% T_{awal}$		
									(Perhitungan geser gempa diulang)		
									Dengan $T = 0,94680$ detik, harga $C = 0,025532$		

engan ijin untuk  $T > 0,7$  detik sebesar  $2\% H$  (LRFD)

a negatif hanya menunjukkan arah simpangan



Tabel L-5

## PERHITUNGAN GAYA GESER GEMPA DASAR METODE LRFD

berat Mati Total ( $W_{dt}$ )	=	160797376 N
berat Hidup Total ( $W_{dt}$ )	=	152866012,3 N
periode getar alami (T)	=	0,946799914 detik
koefisien Gempa Dasar (C)	=	0,025532
faktor keutamaan (I)	=	1
sistem rangka bangunan	=	Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa (SRPMB)
faktor modifikasi respons (R)	=	4,5
gaya dasar maksimum	=	2822901,311 N

Lantai	Tinggi (m)	$W_{dt}$ (Ton)	$W_{dt}$ (Ton)	$W_t$ (Ton)	$W_t \cdot h$	Gaya Geser (F)		Eksentrisitas (m)			Momen Puntir *	
						(N)	(Ton)	$e_c$	$e_{d1}$	$e_{d2}$	$M_{ed1}$	$M_{ed2}$
1	3	1766,72	870,50	2637,22	7912	76086,055	7,756	0,159	5,259	-4,861	40,788	-37,700
2	6	1752,84	435,25	2188,09	13129	126256,249	12,870	0,159	5,259	-4,861	67,683	-62,559
3	9	1752,84	435,25	2188,09	19693	189384,374	19,305	0,159	5,259	-4,861	101,524	-93,838
4	12	1752,84	435,25	2188,09	26257	252512,499	25,740	0,159	5,259	-4,861	135,365	-125,117
5	15	1752,84	429,85	2182,69	32740	314861,652	32,096	0,159	5,259	-4,861	168,789	-156,010
6	18	2157,25	429,85	2587,11	46568	447840,861	45,651	0,024	5,056	-4,996	230,825	-228,067
7	23	2157,25	429,85	2587,11	59503	572241,100	58,332	0,024	5,056	-4,996	294,943	-291,419
8	28	2157,25	429,85	2587,11	72439	696641,339	71,013	0,024	5,056	-4,996	359,061	-354,771
9	35,2	0,00	434,48	434,48	15294	147077,183	14,993	-0,126	4,831	-5,146	72,422	-77,157
Total					293534	2822901,311	287,75752					

$$e_{d1} = 1,5 e_c + 0,05b$$

$$e_{d2} = e_c - 0,05b$$

Eksentrisitas bernilai negatif berarti  $e$  terletak di sebelah kanan titik pusat (untuk arah-x), sedang untuk arah-y berarti di sebelah atas (dari gambar tampak atas)

Momen puntir adalah momen akibat eksentrisitas bangunan  $= F \cdot e$



Tabel L-6

## KONTROL SIMPANGAN DAN WAKTU GETAR ALAMI PADA BANGUNAN

(Berdasarkan momen puntir  $M_{ed2}$  kombinasi 8)

= 0,94680 detik

Master Joint	Tinggi Lantai (cm)	Simpangan Total (m)	Simpangan Lantai Relatif (m)	$\Delta M$ (cm)	Simpangan Ijin (cm)	Berat			F (kg)	$W_i \times d^2$ (kgm <sup>2</sup> )	$F_i \times d$ (kgm)	
						$W_d$ (kg)	$W_l$ (kg)	$W_i$ (kg)				
		0										
3001	300	-0,002941	-0,002941	-0,92642	6,0	1766719,67	3482016,00	5248735,67	7755,97	4504699,85	-7185,25	
3002	300	-0,008423	-0,005482	-1,72683	6,0	1752836,01	1741008,00	3493844,01	12870,16	10418439,68	-22224,5	
3003	300	-0,014683	-0,00626	-1,97190	6,0	1752836,01	1741008,00	3493844,01	19305,24	13585426,76	-38068,0	
3004	300	-0,020947	-0,006264	-1,97316	6,0	1752836,01	1741008,00	3493844,01	25740,32	13602793,87	-50789,7	
3005	300	-0,026873	-0,005926	-1,86669	6,0	1752836,01	1719408,00	3472244,01	32095,99	12099143,83	-59913,2	
3006	300	-0,032390	-0,005517	-1,73786	6,0	2157254,84	1719408,00	3876662,84	45651,46	11708064,50	-79335,6	
3007	500	-0,040823	-0,008433	-2,65640	10,0	2157254,84	1719408,00	3876662,84	58332,43	27355416,98	-154953,9	
3008	500	-0,044058	-0,003235	-1,01903	10,0	2157254,84	1719408,00	3876662,84	71013,39	4025573,02	-72364,4	
3009	720	-0,04451	-0,000452	-0,14238	14,4	829909,36	0,00	829909,36	14992,58	16823,98	-2134,64	
									287757,52	97316382,47	-486969,4	
									$T_{aktual}$	=	0,89918	detik
									$T_{aktual} > 80\% T_{korksi}$			
(Perhitungan geser gempa tidak perlu diulang)												

gan ijin untuk  $T > 0,7$  detik sebesar 2%  $H$  (LRFD)

negatif hanya menunjukkan arah simpangan

Tabel L-7

**KLASIFIKASI SISTEM STRUKTUR, PEMIKUL BEBAN GEMPA, FAKTOR MODIFIKASI  
RESPONSE (R) dan FAKTOR KUAT CADANG STRUKTUR ( $\Omega_0$ )**

Sistem Struktur	Deskripsi Sistem Pemikul Beban Gempa	R	$\Omega_0$
Sistem Dinding Penumpu Sistem struktur yang tidak memiliki rangka ruang pemikul beban gravitasi secara lengkap. Dinding penumpu atau sistem struktur pemikul hampir semua beban gravitasi. Beban lateral pemikul dinding geser atau rangka bresing]	1. Dinding pemikul dengan rangka baja ringan dan bresing baja tarik	2,8	2,2
	2. Rangka bresing di mana bresing pemikul beban gravitasi	4,4	2,2
Sistem Rangka Bangunan Sistem struktur yang pada dasarnya memiliki rangka ruang pemikul beban gravitasi secara lengkap. Beban lateral dipikul dinding geser atau rangka bresing]	1. Sistem rangka bresing eksentris (SRBE)	7,0	2,8
	2. Sistem rangka bresing kosentrik biasa (SRBKB)	5,6	2,2
	3. Sistem rangka bresing kosentrik khusus (SRBKK)	6,4	2,2
Sistem Rangka Pemikul Momen Sistem struktur yang pada dasarnya memiliki rangka ruang pemikul beban gravitasi secara lengkap. Beban lateral dipikul rangka pemikul momen terutama melalui mekanisme lentur]	1. Sistem rangka pemikul momen khusus (SRPMK)	8,5	2,8
	2. Sistem rangka pemikul momen terbatas (SRPMT)	6,0	2,8
	3. Sistem rangka pemikul momen biasa (SRPMB)	4,5	2,8
	4. Sistem rangka batang pemikul momen khusus (SRBPMK)	6,5	2,8
Sistem Ganda Sistem terdiri dari : 1) rangka ruang yang pemikul seluruh beban gravitasi; 2) pemikul beban lateral berupa dinding geser atau rangka bresing dengan rangka pemikul momen. Rangka pemikul momen harus direncanakan secara terpisah mampu pemikul rangkang-kurangnya 25% dari seluruh beban lateral; 3) kedua sistem harus direncanakan untuk pemikul secara bersama-sama seluruh beban lateral dengan memperhatikan interaksi distem [a].	1. Dinding geser beton dengan SRPMB baja	4,2	2,8
	2. SRBE baja		
	a. Dengan SRPMK baja	8,5	2,8
	b. Dengan SRPMB baja	4,2	2,8
	3. SRBKB baja		
	a. Dengan SRPMK baja	6,5	2,8
	b. Dengan SRPMB baja	4,2	2,8
	4. SRBKK baja		
	a. Dengan SRPMK baja	7,5	2,8
	b. Dengan SRPMB baja	4,2	2,8
Sistem Bangunan Kolom Kantilever Sistem struktur yang memanfaatkan kolom kantilever untuk pemikul beban lateral].	Komponen struktur kolom kantilever	2,2	2,0



# BORING LOG

HOLE No BH.2.

PROJECT : PASARAYA.

GROUND ELEVATION : +0.26 m.

STARTED : January 24, 1972

LOCATION : BLOK M, JAKARTA.

GROUND WATER LEVEL : GL. -2.95 m.

FINISHED : January 30, 1972

DEPTH : 40.43 m.

DRILLING METHOD : DRY DRILLING.

LOGGED BY: SUHARTONO.

DEPTH (m)	ELEVATION (m)	SOIL		STANDARD PENETRATION TEST		SOIL SAMPLES		WATER CONTENT (%)
		SYMBOL	DESCRIPTION	SYMBOL	N - VALUE	DEPTH - m	SYMBOL OF SAMPLES	
0.00	10.26		Full material consist of silty clay to clayey silt, with trace of gravel, red, stiff, highly plastic, moist, at 0.00-0.20 m consist of pavement.			1.00		
1.00	9.44		Silty clay to clayey silt, red, very stiff, moderately plastic, moist.	N13		1.30		
				N11		1.45		
						2.00		
						3.45		
						4.00		
3.00	8.74		Clay with trace of silt, light grayish brown, firm to stiff, highly plastic, moist.	N11		4.30		
						4.95		
				N112		8.00		
						9.45		
7.50	7.34		Sandy silt, brown, stiff, non plastic, moist, friable.	N16		7.50		
			grades fine sand, medium dense, well rounded.	N116		7.55		
						8.00		
9.70	6.44		Clay with trace of silt, light brown to light grayish brown, very stiff, moderately plastic.			9.00		
				N118		9.35		
						11.00		
12.00	5.74		Clay with trace of silt, dark brown, very stiff, moderately plastic.	N129		12.00		
			grades heavily cemented silt some clay, with trace of sand, dark gray, hard.	N118		12.45		
						13.50		
14.60	4.34		Clay, yellowish gray, very stiff, highly plastic.	N123		14.00		
						14.50		
						15.00		
16.00	3.74		Cemented fine sand, some silt, dark gray, very dense, well rounded.	N140		15.45		
						16.00		
17.50	2.74		Cemented silt some clay, dark brown, hard, non plastic, moist.	N129		16.50		
						18.00		
19.00	1.74		Cemented silty fine sand, brownish gray, very dense, well rounded.	N140		18.45		
						19.00		
21.00	0.74		Sand some gravel (d max 2 cm), black, dense to very dense, medium to coarse grained, well rounded, poorly graded.	N140		19.55		
						20.00		
21.50	-0.34		Silty clay to clay some silt, with trace of sand, brown to brownish gray, very stiff to hard, slightly plastic.	N136		20.45		
				N134		21.00		
						21.45		
23.00	-1.34		Heavily cemented sand some gravel (d max 3 cm), with trace of silt, black to brownish black, very dense, medium to coarse grained, well rounded, poorly graded.	N124		22.00		
						22.55		
						23.00		
						23.50		
						24.00		
						24.45		
						25.00		
						25.55		
						26.00		
						27.00		
						27.55		
						28.00		
						28.50		
						29.00		
40.00	-29.74							

REMARKS :

MODIFICATION 0-10 m 14-16  
10-10 m 10-16  
10-10 m 10-16  
10-10 m 10-16



# BORING LOG

HOLE No. BH. 2

PROJECT : PASARAYA

GROUND ELEVATION : +0.26 m.

STARTED January 24, 1971

LOCATION : BLOK M, JAKARTA

GROUND WATER LEVEL : GL. -2.95 m.

FINISHED January 30, 1971

DEPTH : 40.45 m.

DRILLING METHOD : DRY DRILLING

LOGGED BY SUMARTONO

DEPTH m	ELEVATION m	SOIL		STANDARD PENETRATION TEST					SOIL SAMPLES		WATER	
		SYMBOL	DESCRIPTION	BLow COUNT 30 cm	N - VALUE					DEPTH m	NO. OF SAMPLES	W. % S. %
30.00	-25.74		Weakly cemented sand some gravel (max 3 cm), supplies black to black, dense to very dense, medium to coarse grained, well graded, poorly rounded.	N=30						30.00		
				N=46						31.00		
				N=37						32.00		
				N=60						33.00		
				N=60						34.00		
			Grades (gravelly sand, 3 cm).	N=60						35.00		
37.00	-37.24		Clay, greenish gray, very soft to hard, highly plastic, interbedded with fine sandy silt, light grayish brown, non plastic, moist.	N=35						37.00		
				N=38						38.00		
40.45	-42.01			N=24						40.45		

REMARKS

MODIFICATION 1-10-71



**TABLE SUMMARY OF LABORATORY TEST RESULT**

PROJECT			PASARAYA - BLOK M , JAKARTA		SOIL & MATERIALS ENGINEER	
SAMPLING LOCATION						
SAMPLE No					BH 2	
SAMPLING DEPTH			1.00-1.50	4.00-4.50	7.00-7.50	10.00-10.50
GRAIN SIZE DISTRIBUTION	GRAVEL	(%)	-	-	-	-
	SAND	(%)	-	-	-	-
	SILT - CLAY	(%)	-	-	-	-
	PASING SIEVE No 200	(%)	-	-	-	-
-ATTERBERG LIMITS TEST	LIQUID LIMIT	W <sub>L</sub> (%)	66	69	108	-
	PLASTIC LIMIT	W <sub>p</sub> (%)	24	32	31	-
	PLASTICITY INDEX	I <sub>p</sub> (%)	42	37	77	-
	LIQUIDITY INDEX	I <sub>L</sub>	0.52	0.81	0.58	-
	CONSISTENCY INDEX	I <sub>c</sub>	0.48	0.19	0.42	-
	SHRINKAGE LIMIT	W <sub>s</sub> (%)				
	CLASSIFICATION					
	SPECIFIC GRAVITY	G <sub>s</sub>	2.67	2.64	2.45	2.55
	NATURAL WATER CONTENT	W <sub>n</sub> (%)	46	62	76	67
	WET DENSITY	γ (t/m <sup>3</sup> )	1.77	1.58	1.51	1.67
	DRY DENSITY	γ <sub>d</sub> (t/m <sup>3</sup> )	1.21	0.97	0.86	1.00
	VOID RATIO	e	1.20	1.71	1.85	1.55
	POROSITY	n	0.54	0.63	0.65	0.61
	DEGREE OF SATURATION	S <sub>r</sub> (%)	100	96	100	100
	ACTIVITY	A	-	-	-	-
	RELATIVE DENSITY	D <sub>r</sub> (%)				
COMPRESSION TEST	TYPE OF TEST		Uc	Uc	Uc	Uc
	COHESION	C(kg/cm <sup>2</sup> )	-	-	-	-
	EFFECTIVE COHESION	C'(kg/cm <sup>2</sup> )	-	-	-	-
	INTERNAL FRICTION ANGLE	φ (Deg)	-	-	-	-
	EFFECTIVE INTERNAL FRICTION ANGLE	φ' (Deg)	-	-	-	-
	UNCONFINED COMPRESSION STRENGTH	q <sub>u</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	1.40	0.13	0.30	1.51
	SENSITIVITY	S <sub>t</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	1.74	1.08	1.11	-
	YOUNG'S MODULUS	E				
CONSOLIDATION TEST	COMPRESSION INDEX	C <sub>c</sub>	0.35	0.62	0.73	0.21
	RECOMPRESSION INDEX	C <sub>r</sub>	0.06	0.07	0.17	0.04
	OVERCONSOLIDATIO RATIO OCR		8.89	3.40	2.50	2.00
	PRECONSOLIDATION PRESSURE	P <sub>c</sub> (Kg/cm <sup>2</sup> )	1.60	1.70	1.70	1.80
	INITIAL VOID RATIO e <sub>0</sub>		1.91	1.69	1.82	1.68
COMPACTION TEST	OPTIMUM MOISTURE CONTENT	w <sub>opt</sub> (%)				
	MAXIMUM DRY DENSITY	γ <sub>d max</sub> (t/m <sup>3</sup> )				
	COEFFICIENT OF PERMEABILITY	k (cm/sec)				





## TABLE SUMMARY OF LABORATORY TEST RESULT

PROJECT PASARAYA - BLOK N , JAKARTA				SOIL & MATERIALS ENGINEER		
SAMPLING LOCATION						
SAMPLE No				BH 2		
SAMPLING DEPTH		16.00-16.50	19.00-19.55	23.50-24.00	25.00-25.55	33.00-33.55
GRAIN SIZE DISTRIBUTION	GRAVEL (%)	-	-	-	-	3
	SAND (%)	-	-	-	-	96
	SILT - CLAY (%)	-	-	-	-	-
	PASING SIEVE No 200 (%)	-	-	-	-	11
- ATTERBERG LIMITS TEST	LIQUID LIMIT $W_L$ (%)	-	-	-	99	-
	PLASTIC LIMIT $W_p$ (%)	-	-	-	47	-
	PLASTICITY INDEX $I_p$ (%)	-	-	-	52	-
	LIQUIDITY INDEX $I_L$	-	-	-	0.81	-
	CONSISTENCY INDEX $I_c$	-	-	-	0.19	-
	SHRINKAGE LIMIT $W_s$ (%)					
	CLASSIFICATION					
	SPECIFIC GRAVITY $G_s$	2.59	2.51	2.59	2.51	2.75
	NATURAL WATER CONTENT $W_n$ (%)	50	58	51	89	16
	WET DENSITY $\gamma$ (1/m <sup>3</sup> )	1.80	1.72	1.40	1.56	-
	DRY DENSITY $\gamma_d$ (1/m <sup>3</sup> )	1.20	1.09	0.93	0.82	-
	VOID RATIO $e$	1.16	1.30	1.79	2.04	-
	POROSITY $n$	0.54	0.56	0.64	0.67	-
	DEGREE OF SATURATION $S_r$ (%)	100	100	74	100	-
	ACTIVITY $A$	-	-	-	-	-
	RELATIVE DENSITY $D_r$ (%)					
COMPRESSION TEST	TYPE OF TEST	Uc	Uc	-	Uc	-
	COHESION $C$ (kg/cm <sup>2</sup> )	-	-	-	-	-
	EFFECTIVE COHESION $C'$ (kg/cm <sup>2</sup> )	-	-	-	-	-
	INTERNAL FRICTION ANGLE $\phi$ (Deg)	-	-	-	-	-
	EFFECTIVE INTERNAL FRICTION ANGLE $\phi'$ (Deg)	-	-	-	-	-
	UNCONFINED COMPRESSION STRENGTH $q_u$ (kg/cm <sup>2</sup> )	6.26	3.82	-	1.67	-
	SENSITIVITY $S_t$ (kg/cm <sup>2</sup> )	-	-	-	-	-
	YOUNG'S MODULUS $E$					
CONSOLIDATION TEST	COMPRESSION INDEX $C_c$	-	-	-	0.54	-
	RECOMPRESSION INDEX $C_r$	-	-	-	0.11	-
	OVERCONSOLIDATIO RATIO OCR	-	-	-	1.58	
	PRECONSOLIDATION PRESSURE $P_c$ (kg/cm <sup>2</sup> )	-	-	-	1.00	
COMPACTION TEST	INITIAL VOID RATIO $e_0$	-	-	-	2.05	-
	OPTIMUM MOISTURE CONTENT $w_{opt}$ (%)					
	MAXIMUM DRY DENSITY $\gamma_{d max}$ (1/m <sup>3</sup> )					
1211101111	COEFFICIENT OF PERMEABILITY $k$ (cm/sec)					





TABLE SUMMARY OF LABORATORY TEST RESULT

PROJECT PASARAYA - BLOK N, JAKARTA			SOIL & MATERIALS ENGINEER		
SAMPLING LOCATION					
SAMPLE No		BH 2			
SAMPLING DEPTH		36.00- 36.40	38.50- 39.00		
GRAIN SIZE DISTRIBUTION	GRAVEL (%)	2	-		
	SAND (%)	82	-		
	SILT - CLAY (%)	12 - 4	-		
	PASING SIEVE No 200 (%)	16	-		
ATTERBERG LIMITS TEST	LIQUID LIMIT $W_L$ (%)	-	57		
	PLASTIC LIMIT $W_p$ (%)	-	26		
	PLASTICITY INDEX $I_p$ (%)	-	33		
	LIQUIDITY INDEX $I_L$	-	0.36		
	CONSISTENCY INDEX $I_c$	-	0.64		
	SHRINKAGE LIMIT $W_s$ (%)				
	CLASSIFICATION				
	SPECIFIC GRAVITY $G_s$	2.75	2.54		
	NATURAL WATER CONTENT $W_n$ (%)	28	36		
	WET DENSITY $\gamma$ (t/m <sup>3</sup> )	-	1.89		
	DRY DENSITY $\gamma_d$ (t/m <sup>3</sup> )	-	1.39		
	VOID RATIO $e$	-	0.83		
	POROSITY $n$	-	0.45		
	DEGREE OF SATURATION $S_r$ (%)	-	100		
	ACTIVITY $A$	-	-		
	RELATIVE DENSITY $D_r$ (%)				
COMPRESSION TEST	TYPE OF TEST				
	COHESION $C$ (kg/cm <sup>2</sup> )	-	$U_c$		
	EFFECTIVE COHESION $C'$ (kg/cm <sup>2</sup> )	-	-		
	INTERNAL FRICTION ANGLE $\phi$ (Deg)	-	-		
	EFFECTIVE INTERNAL FRICTION ANGLE $\phi$ (Deg)	-	-		
	UNCONFINED COMPRESSION STRENGTH $q_u$ (kg/cm <sup>2</sup> )	-	0.55		
	SENSITIVITY $S_t$ (kg/cm <sup>2</sup> )	-	-		
	YOUNG'S MODULUS $E$				
CONSOLIDATION TEST	COMPRESSION INDEX $C_c$	-	0.31		
	RECOMPRESSION INDEX $C_r$	-	0.05		
	OVERCONSOLIDATIO RATIO OCR	-	1.10		
	PRECONSOLIDATION PRESSURE $P_c$ (Kg/cm <sup>2</sup> )	-	3.10		
	INITIAL VOID RATIO $e_0$	-	0.96		
COMPACTION TEST	OPTIMUM MOISTURE CONTENT $W_{opt}$ (%)				
	MAXIMUM DRY DENSITY $\gamma_{d \max}$ (t/m <sup>3</sup> )				

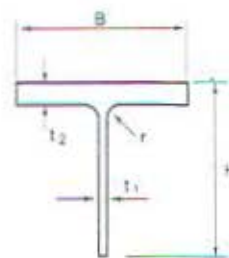
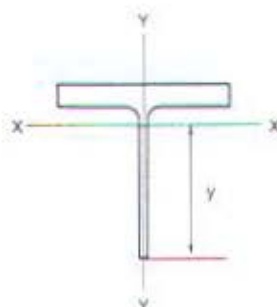




**PT. GUNUNG GARUDA**  
Steel Is Our Business

# T-BEAM

CUT FROM HOT ROLLED  
WIDE FLANGE SHAPE



METRIC SIZE

STANDARD SECTIONAL DIMENSION						SECTIONAL AREA A	UNIT WEIGHT kg/m	INFORMATIVE REFERENCE						
SECTIONAL INDEX	DEPTH OF SECTION H	WIDTH OF SECTION B	THICKNESS		CORNER RADIUS r			CENTER OF GRAVITY y	GEOMETRICAL MOMENT OF INERTIA		RADIUS OF GYRATION OF AREA		MODULUS OF SECTION	
	mm	mm	Web t <sub>1</sub>	Flange t <sub>2</sub>	mm				I <sub>x</sub>	I <sub>y</sub>	i <sub>x</sub>	i <sub>y</sub>	Z <sub>x</sub>	Z <sub>y</sub>
mm	mm	mm	mm	mm	mm	cm <sup>2</sup>	kg/m	mm	cm <sup>4</sup>	cm <sup>4</sup>	cm	cm	cm <sup>3</sup>	cm <sup>3</sup>
T 50 x 100	50.00	100	6	8	10	10.95	8.60	40.0	16	67	1.20	2.47	4.0	13.4
T 62.5 x 125	62.50	125	6.5	9	10	15.16	11.90	50.6	35	147	1.51	3.11	6.9	23.5
T 75 x 75	75.00	75	5	7	8	8.93	7.00	57.0	42	25	2.18	1.67	7.4	6.6
T 75 x 150	75.00	150	7	10	11	20.07	15.75	61.3	66	282	1.81	3.75	10.8	37.5
T 100 x 100	100.00	100	5.5	8	11	13.58	10.65	71.7	114	67	2.90	2.22	14.8	13.4
T 99 x 100	99.00	100	4.5	7	11	11.59	9.10	78.1	94	58	2.84	2.25	12.0	11.7
T 87.5 x 175	87.50	175	7.5	11	12	25.61	20.10	72.0	114	492	2.11	4.38	15.8	56.2
T 100 x 200	100.00	200	8	12	13	31.77	24.95	82.7	184	801	2.41	5.02	22.2	80.1
T 127 x 125	125.00	125	6	9	12	18.83	14.80	97.2	248	147	3.63	2.79	25.5	23.5
T 124 x 124	124.00	124	5	8	12	16.34	12.65	97.7	207	127	3.55	2.79	21.2	20.5
T 125 x 250	125.00	250	9	14	16	46.09	36.20	104.2	411	1,825	2.98	6.29	39.4	146.0
T 150 x 150	150.00	150	6.5	9	13	23.39	18.35	115.9	463	254	4.45	3.29	39.9	33.8
T 149 x 149	149.00	149	5.5	8	13	20.40	16.00	116.4	393	221	4.39	3.29	33.7	29.6
T 150 x 300	150.00	300	10	15	18	59.90	47.00	125.3	706	3,378	3.64	7.51	63.5	225.2
T 175 x 175	175.00	175	7	11	14	31.57	24.80	137.5	814	492	5.08	3.95	59.2	56.3
T 173 x 174	173.00	174	8	9	14	25.34	20.70	138.0	678	398	5.07	3.86	49.9	45.5
T 175 x 350	175.00	350	12	19	20	86.95	68.85	146.4	1,515	6,794	4.17	8.84	103.5	358.2
T 200 x 200	200.00	200	8	13	16	42.06	33.00	157.7	1,395	868	5.76	4.54	86.5	86.5
T 198 x 199	198.00	199	7	11	16	36.08	28.30	156.3	1,193	723	5.75	4.48	76.3	72.7
T 200 x 400	200.00	400	13	21	22	109.35	86.00	167.9	2,470	11,207	4.75	10.12	147.1	560.4
T 225 x 200	225.00	200	9	14	18	48.38	38.00	173.5	2,155	936	6.67	4.40	124.2	93.6
T 250 x 200	250.00	200	10	16	20	57.10	44.80	190.5	3,210	1,071	7.50	4.33	168.5	107.1
T 300 x 200	300.00	200	11	17	22	67.20	53.00	221.6	5,766	1,139	9.29	4.12	261.9	113.9
T 294 x 300	294.00	300	12	20	28	96.25	75.50	233.2	6,695	4,509	8.34	6.84	295.3	300.6
T 350 x 300	350.00	300	13	24	28	117.75	92.50	274.5	12,015	5,412	10.10	6.78	447.3	360.8
T 400 x 300	400.00	300	14	26	28	133.70	105.00	308.3	15,787	5,866	11.85	6.62	609.5	391.1

**NOTE :** - Material specification refer to Wide Flange Shape.

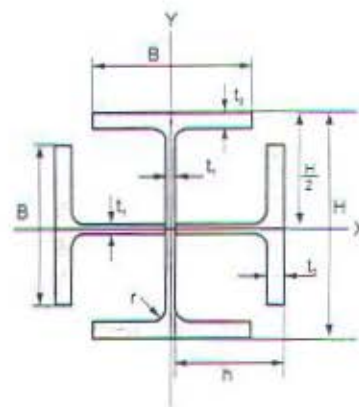
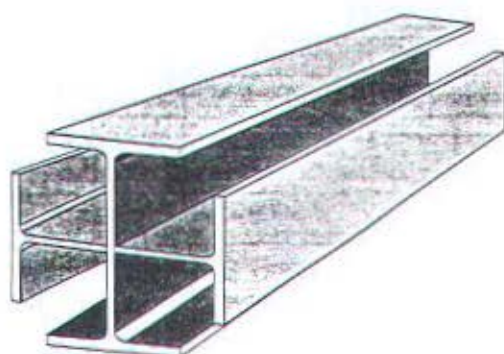
- Tolerance H  $\pm$  2 mm.

- T 350 x 300, T 400 x 300 and T 200 x 400 are import product.

**HEAD OFFICE  
AND FACTORY**

Imam Bonjol 4, Warung Bongkok, Suka Danau, Cibitung, Bekasi, West Java, INDONESIA  
Phone : 62-21-8900111, Sales Dept. 62-21-8900666, ESC Dept. 62-21-4713000  
Fax. 62-21-8900555, URL : <http://www.grdsteel.com>, E-mail : [gunung@grdsteel.com](mailto:gunung@grdsteel.com)





METRIC SIZE

STANDARD SECTIONAL DIMENSION						SECTIONAL AREA A	UNIT WEIGHT kg/m	INFORMATIVE REFERENCE					
SECTION INDEX	DEPTH OF SECTION	FLANGE WIDTH	THICKNESS		CORNER RADIUS			GEOMETRICAL MOMENT OF INERTIA		RADIUS OF GYRATION OF AREA		MODULUS OF SECTION	
	H	B	t <sub>1</sub>	t <sub>2</sub>	r			I <sub>x</sub>	I <sub>y</sub>	i <sub>x</sub>	i <sub>y</sub>	Z <sub>x</sub>	Z <sub>y</sub>
mm	mm	mm	mm	mm	mm	cm <sup>2</sup>	kg/m	cm <sup>4</sup>	cm <sup>4</sup>	cm	cm	cm <sup>3</sup>	cm <sup>3</sup>
K 150 x 75	150	75	5.0	7	8	35.70	28.0	716	767	4.48	4.64	95.4	99.1
K 200 x 100	200	100	5.5	8	11	54.32	42.6	1,974	2,095	6.03	6.21	197.4	203.9
K 198 x 99	198	99	4.5	7	11	46.36	36.4	1,694	1,778	6.04	6.23	171.1	175.6
K 250 x 125	250	125	6	9	12	75.32	59.2	4,344	4,567	7.59	7.79	347.5	356.9
K 248 x 124	248	124	5	8	12	65.36	51.4	3,785	3,924	7.59	7.75	303.6	310.2
K 300 x 150	300	150	6.5	9	13	93.56	73.4	7,718	8,073	9.08	9.29	514.5	526.9
K 298 x 149	298	149	5.5	8	13	81.60	64.0	6,762	7,024	9.10	9.28	453.8	462.9
K 350 x 175	350	175	7	11	14	126.28	99.2	14,554	15,128	10.75	10.95	831.7	847.5
K 346 x 174	346	174	6	9	14	105.36	82.8	11,892	12,321	10.62	10.62	687.4	700.0
K 400 x 200	400	200	8	13	16	168.24	132.0	25,440	26,519	12.30	12.55	1,272.0	1,299.9
K 396 x 199	396	199	7	11	16	144.32	113.2	21,450	22,267	12.19	12.19	1,063.3	1,105.1
K 450 x 200	450	200	9	14	18	193.52	152.0	35,370	36,851	13.52	13.52	1,572.0	1,605.7
K 500 x 200	500	200	10	16	20	228.40	179.2	49,940	52,189	14.79	15.17	1,997.6	2,046.6
K 600 x 200	600	200	11	17	22	268.80	212.0	79,880	83,229	17.24	17.24	2,662.7	2,724.4
K 588 x 300	588	300	12	20	28	385.00	302.0	127,020	132,585	18.16	18.16	4,320.4	4,419.5
K 700 x 300	700	300	13	24	28	471.00	369.7	211,800	220,791	21.21	21.65	6,051.4	6,193.3
K 800 x 300	800	300	14	26	28	534.60	419.8	303,700	315,027	23.83	24.27	7,592.5	7,740.2

**NOTE :**

- $h = H/2$  = height of T-Beam.
- Tolerance,  $h = \pm 2$  mm.
- Material specification refer to Wide Flange Shape.
- Welded specification as per AWS E - 6013.
- K 700 x 300 and K 800 x 300 are made from IWF import.

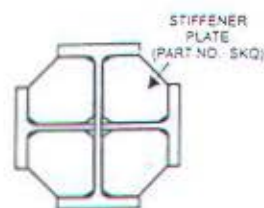
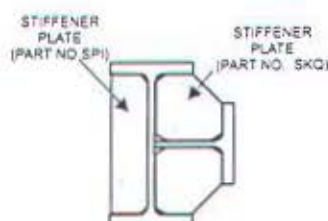
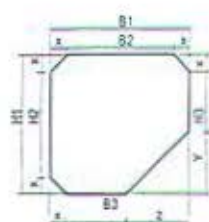




P.T. GUNUNG GARUDA  
Steel Is Our Business

# STIFFENER

FOR KING CROSS AND QUEEN CROSS



## DIMENSIONAL PROPERTIES

## METRIC SIZE

PART NO.	H1	H2	H3	B1	B2	B3	x	y	z	t	WEIGHT	FOR QUEEN AND KING CROSS
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	kg	
SKQ - 01	62	42	23	64	44	23	10	29	31	6	0.159	150 x 75
SKQ - 02	62	42	23	64	44	23	10	29	31	8	0.212	150 x 75
SKQ - 03	85	59	32	88	62	32	13	40	43	6	0.300	200 x 100
SKQ - 04	85	59	32	88	62	32	13	40	43	8	0.400	200 x 100
SKQ - 05	109	81	44	112	84	44	14	51	54	6	0.496	250 x 125
SKQ - 06	109	81	44	112	84	44	14	51	54	8	0.662	250 x 125
SKQ - 07	109	81	44	112	84	44	14	51	54	10	0.827	250 x 125
SKQ - 08	134	104	55	137	107	55	15	64	67	8	0.997	300 x 150
SKQ - 09	134	104	55	137	107	55	15	64	67	10	1.246	300 x 150
SKQ - 10	157	125	66	160	128	66	16	75	78	8	1.370	350 x 175
SKQ - 11	157	125	66	160	128	66	16	75	78	10	1.712	350 x 175
SKQ - 12	179	143	76	183	147	76	18	85	89	8	1.789	400 x 200
SKQ - 13	179	143	76	183	147	76	18	85	89	10	2.236	400 x 200
SKQ - 14	179	143	76	183	147	76	18	85	89	12	2.684	400 x 200
SKQ - 15	203	163	74	207	167	74	20	109	113	10	2.768	450 x 200
SKQ - 16	203	163	74	207	167	74	20	109	113	12	3.322	450 x 200
SKQ - 17	225	181	71	230	186	71	22	132	137	10	3.296	500 x 200
SKQ - 18	225	181	71	230	186	71	22	132	137	12	3.955	500 x 200
SKQ - 19	225	181	71	230	186	71	22	132	137	14	4.614	500 x 200
SKQ - 20	274	226	69	279	231	69	24	181	186	10	4.612	600 x 200
SKQ - 21	274	226	69	279	231	69	24	181	186	12	5.534	600 x 200
SKQ - 22	274	226	69	279	231	69	24	181	186	14	6.457	600 x 200
SKQ - 23	270	210	112	276	216	112	30	128	134	12	6.085	558 x 300
SKQ - 24	270	210	112	276	216	112	30	128	134	14	7.099	558 x 300
SKQ - 25	270	210	112	276	216	112	30	128	134	16	8.113	558 x 300

TOLERANCE (mm)	
t	H1, H2, H3, B1, B2, B3, x, y, z
+0.5	+2

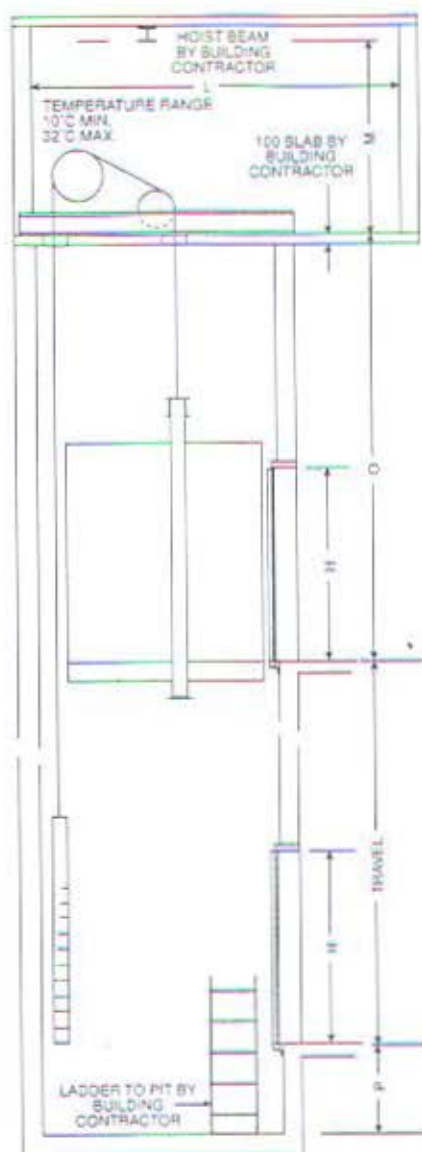
NOTES : Material specification as per JIS G 3101 : SS 400

**HEAD OFFICE  
AND FACTORY**

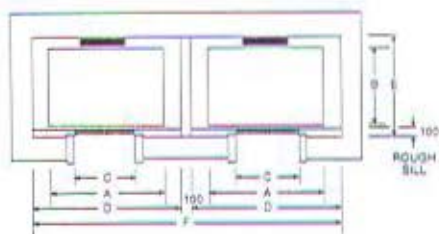
Imam Bonjol 4, Warung Bongkok, Suka Danau, Cibitung, Bekasi, West Java, INDONESIA  
Phone : 62-21-8900111, Sales Dept. 62-21-8900666, ESC Dept. 62-21-4713000  
Fax. 62-21-8900555, URL : <http://www.grdsteel.com>, E-mail : [gunung@grdsteel.com](mailto:gunung@grdsteel.com)



er offers a complete line of pre-engineered traction elevators—SPF. They can serve up to 7 landings and offer superb performance in office buildings, apartment complexes, dormitories, hotels, and other structures. These pre-engineered geared traction elevators offer you standard design data, quick lay-out and fast delivery.



0 divider beam by building contractor.



## Sizes And Capacities

Building Type	Small Office/Apt.	Average Office/Hotel	Large Office/Store		
Model	SPF-14	SPF-16	SPF-20	SPF-23	SPF-26
Capacity In Kilograms (Persons)					
Dimensions	950 (14)	1150 (16)	1350 (20)	1600 (23)	1800 (26)
A <sup>1</sup>	1725	2030	2030	2030	2335
B <sup>1</sup>	1295	1295	1450	1650	1650
C	—	1065	1065	1065	1220
D	2235	2540	2540	2540	2645
E	2030	2030	2185	2390	2390
F	4570	5180	5180	5180	5790
G	915	1065	1065	1065	—
H	2135	2135	2135	2135	2135

<sup>1</sup> Inside dimensions.

Hoistway dimensions are based on 25 out of plumb, no provisions for seismic conditions, and no occupied space below hoistway. If these conditions cannot be met, then consideration must be given for additional required space.

## Minimum Pit, Overhead, Machine Room Dimensions

Capacity (Persons)	Dimensions	Speed (Meters Per Second)		
		1.00	1.75	2.25
950 kg (14)	L	4875	4875	—
	M	2285	2285	—
	O	4675	4675	—
	P <sup>2</sup>	1500	1500	—
1150 kg (16)	L	4875	4875	4875
	M	2285	2285	2285
	O	4675	4675	4980
	P <sup>2</sup>	1500	1500	1980
1350 kg (20)	L	4875	4875	4875
	M	2285	2285	2285
	O	4675	4875	4980
	P <sup>2</sup>	1500	1500	1980
1600 kg (23)	L	4875	4875	4875
	M	2285	2285	2650
	O	4675	4875	5335
	P <sup>2</sup>	1500	1500	1980
1800 kg (26)	L	4875	4875	—
	M	2285	2285	—
	O	4675	4980	—
	P <sup>2</sup>	1500	1500	—

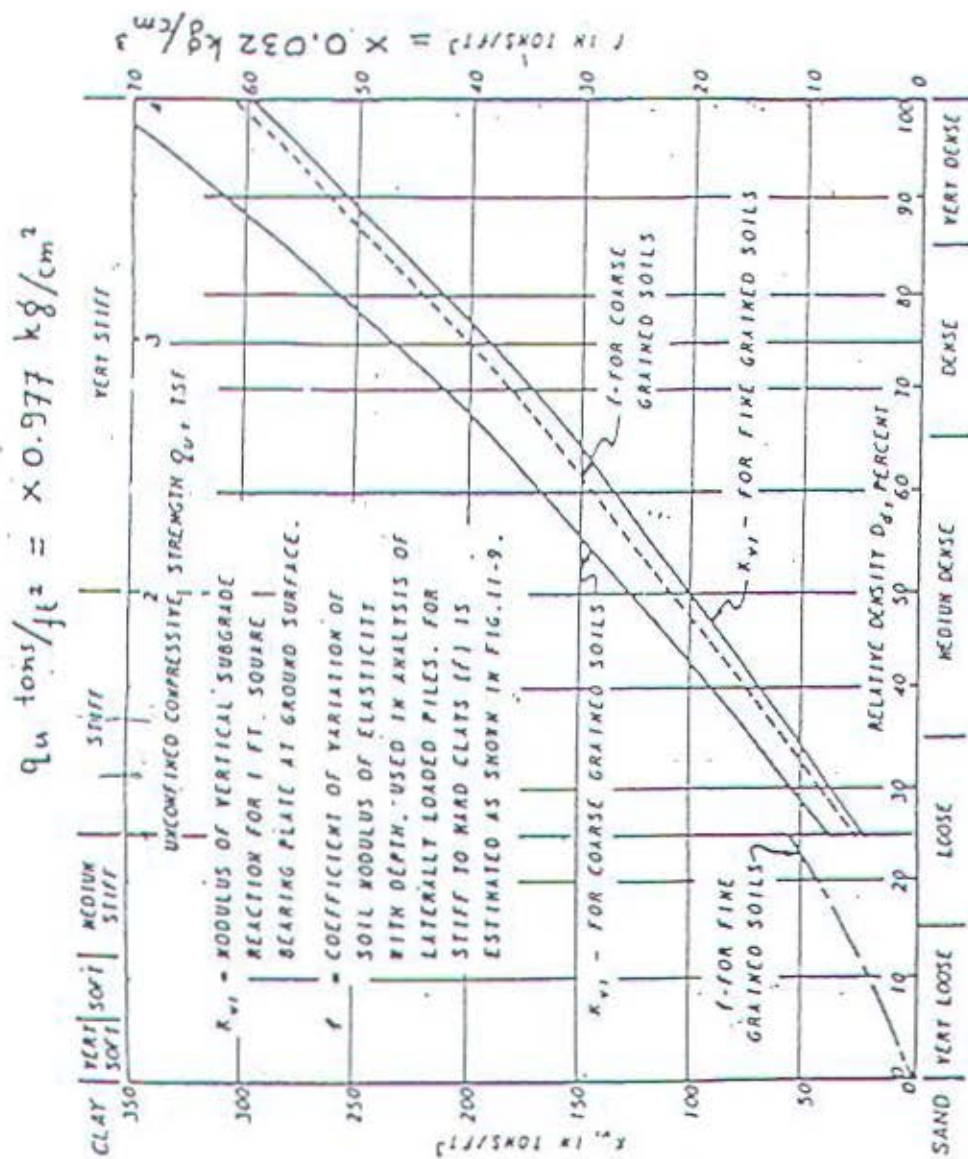
Overhead "O" based on 2440 O.A. nominal cab height.

<sup>2</sup> Consult Dover for travel over 76 M.



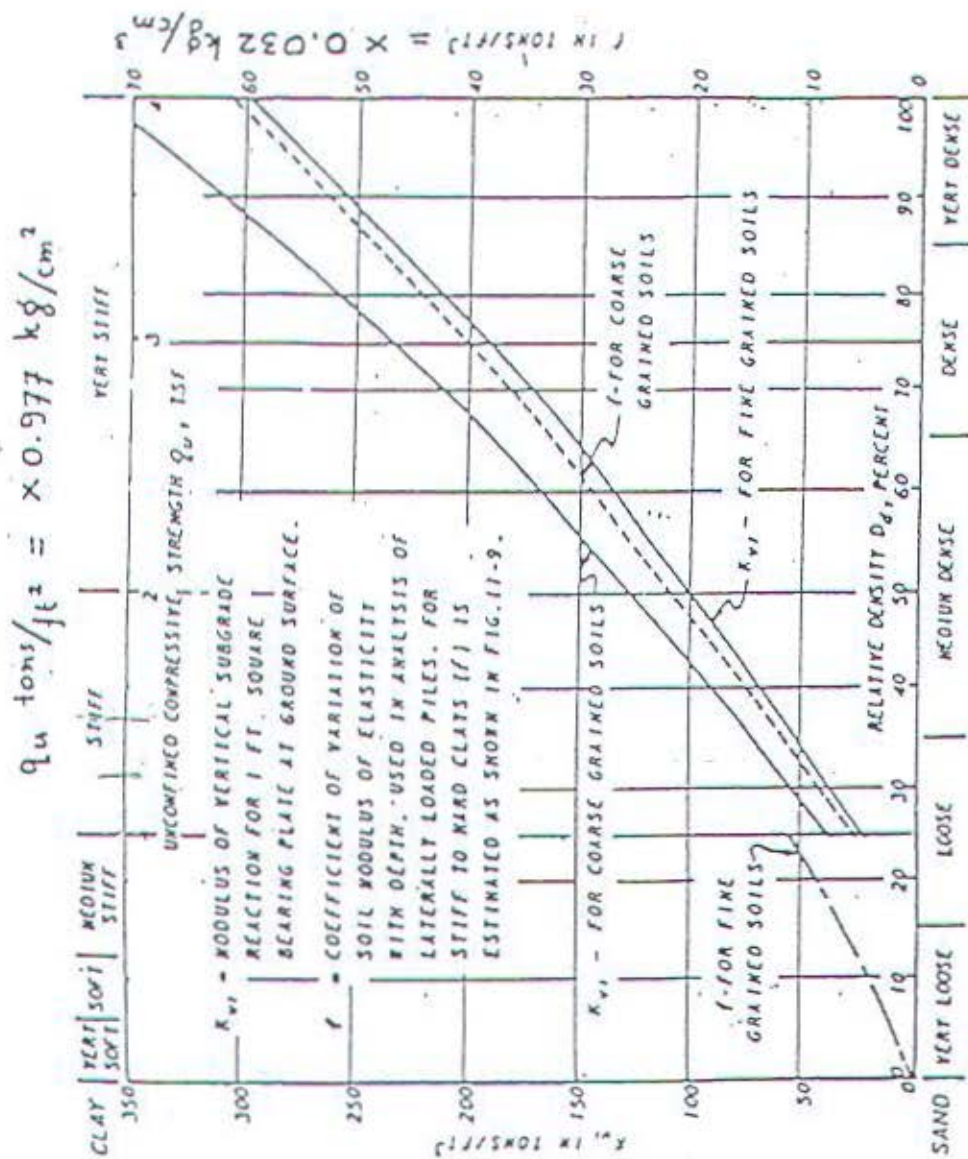
RIGHT HAND DOOR SHOWN; LEFT HAND AVAILABLE

All dimensions listed are in millimeters unless otherwise indicated.



Gambar 2. Mencari Harga  $f$  untuk berbagai jenis tanah.





Gambar 2. Mencari Harga  $f$  untuk berbagai jenis tanah.

## DAFTAR GAMBAR

Tugas Akhir

### PERANCANGAN STRUKTUR KOMPOSIT GEDUNG PARKIR PASARAYA BLOK-M JAKARTA

Jln. Iskandarsyah II no. 2 Blok-M, Kebayoran Baru, Jakarta Selatan

NO.	NO. GAMBAR	JUDUL GAMBAR	REVISI
1	1	TAMPAK DEPAN	
2	2	TAMPAK SAMPING	
3	3	DENAH LANTAI 1	
4	4	DENAH LANTAI 2 - 5	
5	5	DENAH LANTAI 6 - 8	
6	6	DENAH ATAP	
7	7	PORTAL MELINTANG (1)	
8	8	PORTAL MELINTANG (2)	
9	9	PORTAL MEMANJANG As 2, 12	
10	10	PORTAL MEMANJANG As 4, 10	
11	11	PORTAL MEMANJANG As 6, 8	
12	12	RANGKA ATAP	
13	13	DETAIL RANGKA ATAP (1)	
14	14	DETAIL RANGKA ATAP (2)	
15	15	SAMBUNGAN BALOK - KOLOM	
16	16	SAMBUNGAN BALOK - KOLOM, KOLOM - KOLOM	
17	16a	SAMBUNGAN BALOK - BALOK, BALOK TANGGA	
18	17	RENCANA PELAT LANTAI	
19	18	STRUKTUR TANGGA	
20	19	DENAH PONDASI	
21	20	DETAIL PONDASI	